APLICAÇÃO DA SEMENTE DE ACEROLA (*MALPIGHIA EMARGINATA*) COMO ADSORVENTE NATURAL PARA ABRANDAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

APPLICATION OF THE ACEROLA SEED (*MALPIGHIA EMARGINATA*) AS A NATURAL ADSORBENT FOR GROUNDWATER SOFTENING

SILVA, Ana Carolina Paiva da^{1*}; ANDRADE JUNIOR, Francisco Patrício de²; COSTA, Vilma Araújo da³; SILVA, Denise Domingos da⁴

^{1,2,4}Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Departamento de Química e Farmácia, Olho D'água da Bica S/N, cep 58175-000, Cuité – PB, Brasil. (fone: +55 83 999476164)

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de pós-graduação em Química, Instituto de Química, Lagoa Nova, cep 23456-009, Natal-RN, Brasil. (fone: +55 84 99705460)

* Autorcorrespondente
e-mail: carolpaiva31@hotmail.com

Received 19 June 2017; accepted 18 September 2017

RESUMO

Com a crescente contaminação da água por diversos poluentes, o que torna este recurso cada vez mais escasso e impróprio para o uso, surge à necessidade do desenvolvimento de novos métodos de tratamento que sejam acessíveis, eficientes, renováveis e que não produzam resíduos poluentes que degradem o meio ambiente. Devido a isto o uso de adsorventes naturais tem se tornado uma das alternativas mais investigadas para o tratamento de águas sejam para remoção de poluentes orgânicos ou inorgânicos. Este trabalho tem por objetivo estudar o potencial de adsorção de um adsorvente natural proveniente da semente de acerola visando adequar o teor de dureza total de águas subterrâneas após a caracterização dos parâmetros físico-químicos tais como pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais, cloretos, alcalinidade e dureza total. Amostras do adsorvente antes e após ser utilizado para o tratamento foram caracterizadas por análises de espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FTIR), de microscopia eletrônica de varredura (MEV). O uso do adsorvente natural obtido da semente de acerola mostrou-se bastante eficaz para o tratamento de dureza das amostras analisadas.

Palavras-chave: Adsorção, dureza total, análise de águas.

ABSTRACT

With increasing contamination of water by various pollutants, which makes this resource increasingly scarce and unfit for use, there is a need to develop new treatment methods that are accessible, efficient, renewable and do not produce polluting waste that degrades the environment. Due to this the use of natural adsorbents has become one of the most investigated alternatives for the treatment of waters whether for the removal of organic or inorganic pollutants. This work aims to study the adsorption potential of a natural adsorbent from *acerola* seed by means of column chromatography to adjust the total hardness of groundwater after the characterization of physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, Turbidity, total dissolved solids, chlorides, alkalinity and total hardness. The adsorbent samples before and after being used for the treatment were characterized by infrared absorption spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM). The use of the natural adsorbent obtained from the *acerola* seed was very effective for the treatment of hardness of the analyzed

Keywords: Adsorption, Total hardness, Water analysis.

INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a conservação de todas as formas de vida em nosso planeta. Embora cerca de 70% da superfície da Terra estar coberta por água, apenas uma pequena parte dessa água é doce. E devido a vários fatores como o aumento da população no mundo, o desperdício, a poluição provocada pelas atividades antropogênicas são fatores que colocam em risco a disponibilidade de água doce. Em função dessa crescente demanda, as águas subterrâneas estão sendo bastante utilizadas (BRASIL, 2007). O Brasil possui 91.300 m³/s disponível de água superficial e uma vazão média que representa 180.000 m³/s e disponibilidade hídrica subterrânea de reserva explotável igual a 11.430 m³/s. Apesar disso a distribuição dos recursos hídricos superficiais, é bastante desigual por toda a extensão do território brasileiro: enquanto a área onde se concentra 45,5% da população total nas bacias junto ao Oceano Atlântico, estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos, contudo na região Norte, em que vivem somente cerca de 5% da população brasileira, estes recursos são abundantes com cerca de 81% (ANA, 2013).

Apesar da grande disponibilidade de água em algumas regiões, muitas pessoas no mundo vivem em áreas onde há escassez de água potável que é essencial à sua sobrevivência. Diante disto é inviável manter o fornecimento de água doce de qualidade para diversas finalidades como abastecimento humano, indústria e agricultura se a água subterrânea não for utilizada. Em várias regiões como na Rússia, no norte da África no oriente médio e em 80% da Europa a maior parcela da água potável é de origem subterrânea. De maneira oposta a outros recursos naturais ou matérias-primas, a água subterrânea está presente em todo o mundo consistindo na maior e mais segura fonte de água potável existente na Terra (Struckmeier *et al.*, 2007). Os profissionais que realizam pesquisas referentes ao tratamento de água para abastecimento público, estão constantemente buscando o aprimoramento ou o desenvolvimento das técnicas de tratamento de água, no entanto é importante buscar alternativas de baixo custo que satisfaçam a esse objetivo, para possibilitar a universalização do acesso à água em quantidade e com qualidade imprescindível para atender os fins que se destina (Heller *et al.*, 2009). Nos processos industriais a água utilizada necessita de uma

pureza contrária a da alcançada no tratamento de água potável, devido aos problemas causados por alguns sais como depósitos nas tubulações, contaminação dos produtos e corrosão. Sais de cálcio e magnésio que caracterizam a dureza da água ocasionam incrustações em tubulações industriais o que afeta o fluxo de fluídos e a pressão do sistema em questão. As águas naturais que são captadas nos mananciais normalmente apresentam um conjunto de contaminantes, da qual a sua composição e proporção estão associadas com a constituição geológica do solo e das áreas próximas a centros industrializados como também das variações climáticas que ocorrem durante o ano (Filho *et al.*, 2013).

Abrandamento consiste em um processo que tem por finalidade a redução da dureza das águas e remover alguns contaminantes inorgânicos, nas estações de abrandamento podem ser utilizadas resinas específicas para trocar íons ou pode-se elevar o pH para causar a precipitação principalmente de sais ou hidróxidos de cálcio e magnésio (Heller *et al.*, 2009). Um dos materiais que vem sendo bastante estudados para tratamento de amostras são os adsorventes provindos da biomassa, devido ao seu baixo custo, abundância e alta capacidade de adsorção, estes podem ser, cascas, sementes, caroços e entre outros. Esses resíduos normalmente são descartados e por apresentarem grande potencial de adsorção tem se tornado uma alternativa viável e eficaz para remoção de contaminantes (Bazzo, 2015).

Classificado como o maior consumidor e exportador de acerola do mundo o Brasil contém plantios em praticamente todos os estados tendo sua maior produção no estado de Pernambuco que corresponde a 23,11% da produção, em seguida o Ceará, com 14,32%; São Paulo, com 11,39% e Bahia com 10,48%. Apresentando plantios ainda nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí (Calgaro *et al.*, 2012). No processamento da acerola para produção de suco ou de polpa congelada é produzido após aprensagem de frutas um resíduo bastante fibroso ainda de coloração avermelhada muito intensa que geralmente é descartado, produzindo um grande volume de lixo orgânico durante a safra de acerola (Moreira, 2007).

Diante disto o presente estudo teve como objetivo investigar o uso das sementes de acerola como adsorvente natural pelo método de cromatografia em coluna para remoção da

dureza total de águas subterrâneas além de determinar parâmetros físico-químicos das amostras de águas.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e coleta das amostras

Foram coletadas amostras em triplicata de 4 poços da zona rural do Município de Sossego-PB (Figura 1). Que foram armazenadas em garrafas de politereftalato de etileno (PET) e mantidas sobre refrigeração em todo o período das análises. Os poços A, B, C, D e F encontram-se nas seguintes coordenadas geográficas 6°44'12.6"S e 36°12'35.9"O; 6°44'8.51"S e 36°12'15.24"O; 6° 44'0.92"S e 36°12'46.59"O; 6°43'30.96"S e 36°13'2.96"O respectivamente. Todos os poços apresentam em média 40 metros de profundidade.

Os parâmetros determinados foram pH, condutividade elétrica, turbidez, dureza total, cloretos, e sólidos dissolvidos totais. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental do Centro de Educação e Saúde CES/ UFCG.

Figura 1. Localização dos poços no município de Sossego –PB.

O município de Sossego- PB segundo dados do (IBGE, 2010) fica localizado no Curimataú Paraibano, a 240 km da Capital do Estado, o município dispõe de uma área de 300 km², apresenta um clima tropical semiárido e uma hidrografia constituída por rios temporários com cheias apenas no período do inverno, sendo assim castigado constantemente por secas prolongadas e abastecido por carros-pipa.

2.2. Determinação dos parâmetros físico-químicos

As análises foram realizadas nos laboratórios de Biocombustíveis e Química Ambiental e Química Analítica, do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande e seguiram metodologias recomendadas pelo manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013). Todas as determinações foram realizadas em triplicata para um melhor tratamento de dados.

2.2.1. Dureza total

As medidas de dureza foram realizadas pelo método de titulometria de complexação, utilizando como indicador negro de eriocromo - T e o agente titulante EDTA (ácido etilenodiaminotetracético).

2.2.3. Cloretos

A determinação do teor de cloretos foi realizada pelo método de Mohr utilizando como indicador o cromato de potássio e agente titulante nitrato de prata (AgNO₃).

2.2.4. pH

A determinação de pH das amostras foram realizadas em um peagâmetro pH 21 – Hanna, sendo o mesmo previamente calibrado com soluções tampão ácido de 7,00 ± 0,01 e básico de 4,00 ± 0,01.

2.2.5. Turbidez

A turbidez foi determinada por um turbidímetro modelo TB1000, em que o mesmo foi previamente calibrado com soluções padrões de 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU.

2.2.6. Condutividade elétrica

A condutividade foi determinada utilizando um condutivímetro mCA-150/Mca-150P sendo previamente calibrado com solução padrão de cloreto de potássio (KCl) 146,9 µS/cm ± 0,5%, com uma temperatura padronizada de 25°C.

2.2.7. Sólidos dissolvidos totais

O teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) foi estimado pela sua relação com a condutividade elétrica onde segundo (Bezerra, 2004) valores de condutividade menores que 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ devem ser multiplicados por 0,68; valores entre 1000 e 4000 por 0,75 e valores entre 4000 e 10000 por 0,82 para a obtenção do valor de SDT.

2.2.Preparo do Adsorvente Natural

Os frutos foram coletados em uma área particular na zona rural do município de Cuité-PB no mês de Junho de 2016. Para a obtenção do adsorvente as sementes foram separadas da casca e polpa do fruto por meio de um processador de alimentos, posteriormente as sementes foram lavadas para retirar os resíduos e colocadas para secar ao sol. Após a secagem, as sementes foram trituradas e peneiradas para a obtenção da forma de farelo (Figura 2).

Para o tratamento foi utilizado o método de cromatografia em coluna onde foram utilizadas 6g do adsorvente natural (fase estacionária) que foi inserido em uma coluna adaptada utilizando uma bureta de 50 ml por onde foram percolados 50 ml das amostras das águas dos poços analisados (fase móvel), numa vazão de aproximadamente 1 ml/min.

Figura 2. (A) Sementes de acerola secas (B) Sementes em forma de farelo.

2.3. Caracterização do adsorvente natural

2.3.1.Espectroscopia de Infravermelho (ATR IV)

As amostras foram caracterizadas através do método de refletância total atenuada (ATR da sigla em inglês), onde um cristal com um índice de refração elevado e baixa absorção na região do infravermelho entra em contato com a amostra produzindo um espectro. A análise foi realizada utilizando-se de um feixe infravermelho

médio, com comprimento de onda variando entre 2,5 e 50 μm , fornecendo assim uma faixa de número de ondas de 4000 a 500 cm^{-1} . O equipamento utilizado foi Spectrum 65 FT-IR spectrometer Perkin Elmer com um ATR acoplado.

2.3.2.Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As imagens das sementes de acerola foram obtidas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) Hitachi Modelo TM-3000, equipado com um sistema de microanálise química por dispersão de energia (EDS) Bruker, variando as ampliações entre 20, 30, 100 e 200X.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

3.1. Parâmetros físico-químicos

Os valores encontrados para a turbidez nos poços A, B, C e D foram 8,8; 4,2; 12,6 e 0,11 NTU respectivamente dentre esses apenas os poços A e C apresentaram valores acima de 5 NTU valor estabelecido como máximo pela portaria n.º 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) para água de consumo humano. A turbidez da água ocorre devido à presença de matéria em suspensão que pode ser de origem orgânica ou inorgânica (Heller *et al.*, 2006). Para a condutividade elétrica foram encontrados valores para os poços A, B, C e D iguais a 4,56; 9,47; 4,53 e 5,39 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectivamente, indicando a baixa concentração de sais dissolvidos nas amostras analisadas. A condutividade elétrica é influenciada pela quantidade de sais dissolvidos na água sendo assim quando maior a concentração de íons dissolvidos maior será o valor de condutividade elétrica.

Os sólidos dissolvidos totais (SDT) são representados pela soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água e são expressos em mg/L mede a concentração de substâncias iônicas. A determinação dos SDT indica a presença de produtos químicos contaminantes. As substâncias dissolvidas podem conter íons orgânicos e íons inorgânicos (como carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio) e em concentrações elevadas podem ser prejudiciais. (Parron *et al.*, 2011). Os valores encontrados para SDT dos poços A, B, C e D foram 3739,2; 7765,4; 3714,6 e 4419,8 mg/L respectivamente todos as amostras apresentaram valores acima

do estabelecido pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) de 1000 mg/L para água de consumo humano. A Tabela 1 apresenta os valores médios e desvio padrão de turbidez, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão de Turbidez, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais das amostras analisadas.

Poços	Parâmetros Físico-Químicos		
	Turbidez	Condutividade e Elétrica (Ms.Cm ⁻¹)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)
A	8,89 (± 0,03)	4,56 (±0,06)	3739,2 (±0,02)
B	4,2 (± 0, 90)	9,47 (±0,03)	7765,4 (±0,03)
C	12,6 (± 0,08)	4,53 (± 0,02)	3714,6 (±0,02)
D	0,11 (± 0,14)	5,39 (± 0,10)	4419,8 (±0,10)

Os valores de pH para os poços A, B, C e D a apresentaram valores 7,6; 7,5; 7,2 e 7,2 respectivamente caracterizando as amostras como básicas e dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da (BRASIL, 2011) que estabelece o valor de pH de 6,0 a 9,0 para água de consumo humano. A maioria das águas subterrâneas apresentam pH entre 5,5 e 8,5 e em casos excepcionais podendo variar entre 3 e 11 (Feitosa et al., 2000). Os valores encontrados para a dureza total dos poços A, B, C e D foram iguais a 840; 2714,44; 2221,99 e 1653,49 mg/L respectivamente sendo classificadas como muito duras e fora dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), que estabelece para dureza total o teor de 500 mg/L CaCO₃ como valor máximo permitido para água potável. Para a determinação de cloretos os valores encontrados para os poços A, B, C e D foram 0,374; 4,11; 1,73 e 2,07 mg/L evidenciando o baixo teor de cloretos nas amostras analisadas que se encontram dentro do valor máximo permitido para cloretos de 250 m/L. Conforme os dados apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores médio e desvio padrão de pH, dureza total e cloretos das amostras analisadas.

Poços	Parâmetros Físico-Químicos		
	pH	Dureza Total (mg/L de CaCO ₃)	Cloretos (mg/L)
A	7,6 (± 0,04)	840,0 (± 0,12)	0,374 (± 0,05)
B	7,5 (± 0,01)	2714,44 (± 0,09)	4,11 (± 2,75)
C	7,2 (± 0,06)	2221,99 (± 0,40)	1,73 (± 0,44)
D	7,2 (± 0,02)	1653,49 (± 0,70)	2,07 (± 0,42)

3.2. Tratamento com o adsorvente natural

O adsorvente natural foi testado em colunas adaptadas, para avaliar sua eficiência na adsorção de substâncias das amostras de águas de poços subterrâneos. A amostra de água que apresentou o maior teor de dureza total foi a amostra do poço B com o teor 2714,44 mg/L de CaCO₃ por isso utilizou-se a mesma para testar a eficácia do adsorvente. Após o tratamento foi verificado que houve uma redução considerável do teor de dureza total das amostras analisadas de 2714,44 mg/L para 900,81 mg/L, foi constatado também que houve uma diminuição do pH da amostra que ficou mais ácida após o tratamento, o que pode estar relacionado à liberação de íons H⁺ devido ao processo de troca iônica durante a interação da amostra com o adsorvente.

3.3. Espectros de absorção na região do infravermelho (ATR IV) do adsorvente natural

Os espectros de infravermelho para a semente de acerola antes e após a adsorção podem ser observados na Figura 3, onde apresentou banda larga e forte em 3416 cm⁻¹ á 3235 cm⁻¹ referente ao estiramento axial da ligação -OH possivelmente de ácidos carboxílicos, os picos 2918 cm⁻¹ e 2846 cm⁻¹ indica o estiramento axial de ligações C-H de alcanos ou grupo alquila (Rezende *et al.*, 2014). A banda em 1741 cm⁻¹ é referente ao estiramento axial referente à ligação C=O dos grupos carboxilas que possuem grande capacidade de adsorção uma vez que possuem

elétrons livres (Medrado, 2011). A deformação angular em 1026 cm^{-1} é referente à ligação O-H que é característico de álcoois primários (Monteiro *et al.*, 2014).

Analisando os espectros da semente antes e após a adsorção constatamos que a banda 3416 cm^{-1} a 3235 cm^{-1} e a deformação angular em 1026 cm^{-1} referentes à ligação -OH foram intensificadas, podendo ser atribuída à adsorção de água, acarretando como consequência a diminuição das bandas em 2918 cm^{-1} e 2846 cm^{-1} . Após o tratamento podemos constatar que a amostra de água analisada obteve uma redução de dureza total o que pode ser justificado pelo desaparecimento da banda de estiramento axial da carbonila em 1741 cm^{-1} indicando uma possível reação de redução da função química.

Figura 3. Espectro de Infravermelho da Semente de acerola antes e após a adsorção.

3.4. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As micrografias obtidas das sementes de acerola antes do processo de adsorção podem ser observadas na Figura 4 com diferentes ampliações de 500, 1000, 2000 e 5000 vezes respectivamente, que indicaram uma morfologia de cavidades semelhantes a canais interligados conferindo uma maior área de adsorção, o que pode estar relacionado com a retenção dos sais na superfície dos adsorventes naturais promovendo a redução da dureza total das amostras analisadas. Na figura 4(D) é possível observar o diâmetro de alguns poros iguais a $3,37\text{ }\mu\text{m}$ e $3,80\text{ }\mu\text{m}$.

Figura 4. Micrografia eletrônica de varredura do adsorvente natural (semente de acerola) antes da adsorção da amostra. (A) com ampliação de 500x (B) 1000x (C) 2000x e (D) 5000x.

A Figura 5 mostra as micrografias da semente após o processo de adsorção onde a Figura 5 (A) com aumento de 500 vezes revela uma ruptura na estrutura do material após o tratamento aumentando as cavidades existentes. Na Figura 5 (B), com aumento de 1000 vezes, esse efeito pode ser visto com mais clareza.

Figura 5. Micrografia eletrônica de varredura do adsorvente natural (semente de acerola) após a adsorção da amostra. (A) com ampliação de 500x (B) 1000x.

CONCLUSÕES:

As amostras de águas de poços subterrâneos do município de Sossego – PB apresentaram em sua maioria, valores de parâmetros físico-químicos referente aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde para água potável, com exceção de alguns parâmetros, como o elevado valor encontrado para dureza total nas amostras sendo impróprio para o consumo humano e a turbidez de algumas amostras analisadas.

O uso do adsorvente natural obtido a partir da semente de acerola aplicado à cromatografia em coluna apresentou resultados significativos devido a considerável redução do teor de dureza da água analisada, apresentando-se também como um importante adsorvente para este tipo de metodologia e sendo um resíduo agroindustrial abundante torna-se, uma alternativa de baixo custo, eficiente e viável para tratamento de águas que apresentem alto teor de dureza. Portanto, esta metodologia pode ser utilizada para águas para usos industriais ou para o reuso de efluentes industriais que precisam passar por um processo de abrandamento.

REFERÊNCIAS:

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Águas subterrâneas um recurso a ser reconhecido. Brasília, 2007.
- ANA. AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos hídricos do Brasil. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informes2014.pdf>> Acessada em Maio 2017.
- Struckmeier, W.; Rubin, Y.; Jonas, J. J. Água subterrânea reservatório para um planeta com sede?. 2007.
- Heller, L.; Pádua, V.L. Orgs. Abastecimento para água de consumo humano. UFMG: Belo Horizonte, 2006.
- Filho, N. N. S.; Santos, D. S. A importância do tratamento de água na indústria para um bom aproveitamento no processo industrial. Anais 6º Encontro Nacional de Tecnologia e Química, Alagoas, Brasil, 2013.
- Bazzo, A. Aplicação e caracterização do caroço de abacate (*Persea Americana Mill*) como adsorvente na remoção do corante violeta cristal. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de pós-graduação em Ciências dos Materiais. Porto Alegre - RS, 2015.
- Calgaro, M.; Braga, M.B. eds. A Cultura da Acerola, 3ed., Embrapa: Brasília, 2012.
- Moreira, G. E. G. Obtenção e Caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de pós-graduação em engenharia em Química. Natal - RN, 2007.
- FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. Manual prático de análise de águas, 4 ed., FUNASA: Brasília, 2013.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Cidades@. 2010 Sossego-PB, <http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/2516151>. Acessado em maio de 2017.
- Bezerra, M. A. S., Desenvolvimento de um destilador solar para tratamento de águas de produção de petróleo com vistas a sua utilização na agricultura e geração de vapor. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal - RN, 2004.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n.º 2.914/2011, 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. Diário oficial da união 12 dez 2011.
- Parron, L. M.; Muniz, D. H. F.; Pereira, C.M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água, 1 ed., Embrapa: Colombo, 2011.
- Feitosa, F. A. C.; Filho, J. M. Coord. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações, 2ed., CPRM: Fortaleza, 2000.
- Rezende, J.C. T.; Nunes, D. D. A.; Reis, E.N.; Jesus, E.; Ferraz, C.; Pagano, R. L.; Silva, A. S.; Pacífico, J. A.; Silva, D. C. Cinética de adsorção de Cr (VI) de soluções aquosas usando sementes de acerola. Scientia Plena. 2014, 10, 10.
- Medrado, L. C. L. Adsorção de íons Cromo (VI) proveniente de efluentes de curtumes em bucha vegetal (*Luffacylindrica*) modificada com Ácido cítrico. Monografia de graduação. Universidade Estadual do Goiás, 2011.
- Monteiro, R. A.; Yamaura, M. Fibras de coco verde para adsorção de íons Urânio. Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.