

APLICAÇÃO DA CORTIÇA (*QUERCUS SUBER L.*) COMO ADSORVENTE NATURAL PARA O TRATAMENTO DE AMOSTRAS AQUOSAS

Francisco Carlos de Medeiros Filho¹, Ana Maria de Souza Araújo², Ana Priscila de Souza Silva², Vilma Araújo da Costa³, Denise Domingos da Silva⁴

¹ Curso de Ciências Naturais e Biotecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental, Cuité-PB, Brasil.

² Curso de Licenciatura em Química, Universidade Federal de Campina Grande, Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental, Lab. Bioambi, Cuité, PB, Brasil.

³ Profª Estadual da Rede Pública de Ensino do RN, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Labpemol, Brasil.

⁴ Profª Unidade Acadêmica de Biologia e Química, Universidade Federal de Campina Grande, Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental, Cuité, PB, Brasil.

Email para correspondência: dedomingos@gmail.com

Resumo

A água é uma substância natural e essencial para manutenção e preservação das espécies no meio ambiente e indústria. A utilização da cortiça (*Quercus suber L.*) atua como adsorvente natural no tratamento de amostras de águas. Objetivou-se verificar a eficiência do adsorvente natural proveniente da cortiça (*Quercus suber L.*) como meio viável e de baixo custo para diminuição da dureza total de amostras de águas. Pesquisa descritiva realizada nas cidades de Taperoá e Damião no estado da Paraíba. Foram coletadas doze amostras de águas de abastecimento e águas subterrâneas, sendo oito na cidade de Taperoá-PB e quatro em Damião-PB, entre outubro a dezembro de 2017 por discentes do curso de química. Realizou-se determinações de condutividade elétrica, turbidez, pH, dureza total, teor de cloretos, alcalinidade, acidez, concentrações de sódio e potássio no fotômetro de chama. Posteriormente, a composição química da cortiça *in natura* e após o tratamento com diferentes granulometrias no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX. Analisou-se a morfologia da cortiça pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-FEG). Assim, a cortiça apresenta eficiência no processo de adsorção no tratamento de águas, verificando

a redução da dureza total, demonstrou-se como excelente adsorvente, produto de baixo custo e não degrada o meio ambiente após sua utilização.

Palavras-chave: análise físico-química, adsorção, águas;

Abstract

Water is a natural and essential substance for the maintenance and preservation of species in the environment, as well as for industry. Recent studies indicate that the use of cork (*Quercus suber* L.) acts as a natural adsorbent in the treatment of water samples. The objective of this study was to verify the efficiency of natural adsorbent from cork (*Quercus suber* L.) as a viable and low cost way to decrease the total hardness of water samples. Descriptive and field research conducted in the cities of Taperoá and Damião in the state of Paraíba. Twelve samples of water supply and groundwater were collected, eight samples in the city of taperoá-PB and four samples in the city of Damião-PB for the period from October to December by 2017 by students of the chemistry course. Electrical conductivity, turbidity, pH, total hardness, chloride content, alkalinity, acidity, sodium and potassium concentrations in the flame photometer were determined. Subsequently, the chemical composition of cork in natura and after treatment with different granulometry in the Dispersive Energy X-ray Fluorescence Spectrometer-EDX. The morphology of cork was also analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM-FEG). The results showed that cork presents efficiency in the adsorption process in water treatment, verifying the reduction of the total hardness. Cork has proved to be an excellent adsorbent, a low cost product and does not degrade the environment after its use.

Keywords: physicochemical analysis, adsorption, water;

1 Introdução

A água é um recurso que se distribui por toda terra como fonte essencial para sobrevivência dos seres vivos. De acordo com Gomes (2011), 70% do planeta terra são formados por água doce e salgado, desse volume 97,22% é de água salgada (água do mar), 2,15% estão em geleiras e apenas 0,63% é de água doce (rios, lagos e aquíferos), o que remete uma observação à má distribuição, pois o último percentual é considerado para abastecimento público.

Nessa perspectiva, apesar do Brasil possuir um baixo percentual de água doce, o desperdício de água tem se tornado bastante elevado com o passar dos anos, além disso, alguns dos rios e mananciais se encontrar contaminados e impróprios para uso.

Em território com alta população, uma parte dessa água já perdeu a propriedades de recurso natural renovável em virtude de processos de urbanização, industrialização e produção agrícola, fazendo com

que o grande volume de água que o país possui esteja reduzindo de forma acelerada. (ANDREOLI et al., 2014, p.488)

No Brasil, especificamente na região semiárida, devido principalmente à escassez, à população vem sofrendo pela falta de abastecimento de água e sua distribuição acaba ocorrendo de forma desigual, já que esses recursos são ofertados por intermédio de carros pipas e captação residencial da água de chuva. Essa crise progride de forma drástica a população nordestina. No semiárido paraibano a crise pela falta de água é um fator natural da própria região.

Com o crescimento populacional, e avanço das novas tecnologias, após a revolução industrial, o crescimento de contaminantes como os combustíveis, vem crescendo absurdamente, poluindo solos, ar e águas. “Esses combustíveis são importantes fontes de contaminação do solo e do lençol freático” (FREIRE; TRANNIN; SIMÕES, 2014). Nesse caminho, a indústria e pesquisadores tem procurado minimizar esses poluentes gerados no meio ambiente que acabam contaminando águas. Um dos meios mais viáveis são os processos de adsorção no tratamento de águas.

A adsorção se constitui como um processo físico-químico no tratamento de águas que tem a finalidade de reduzir metais, contaminantes, efluentes industriais e entre outros poluentes. A adsorção se define como reter constituintes na superfície do adsorvente, esse processo envolve dois componentes um em fase líquida ou gasosa (adsorvato) é transferido para a superfície de uma fase sólida (adsorvente). “Essa técnica permite o tratamento específico do adsorvato, ou seja, a matriz conhecida a partir de adsorventes, que podem ser sintéticos ou naturais” (MOREIRA, 2008).

De acordo com autores como: Domingues (2005), Marques (2011) e Bandejas (2014) apontam que a cortiça atua como um excelente adsorvente natural para o tratamento de águas. Isso permite a remoção de contaminantes, como metais tóxicos, redução de efluentes industriais e entre outros processos que podem atuar no tratamento de amostras aquosas.

Objetivou-se verificar a eficiência do adsorvente natural proveniente da cortiça (*Quercus suber L.*) como meio viável e de baixo custo para diminuição

da dureza total de amostras de águas. O trabalho é relevante, pois traz o conhecimento a respeito da qualidade da água consumida pela população de Taperoá e Damião, pertencente ao estado da Paraíba, além da caracterização físico-química das águas e tratamento utilizando o adsorvente natural.

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo se localiza em Damião e Taperoá no estado da Paraíba. De acordo com os dados do IBGE (2017), a cidade de Damião-PB está presente na região do Curimataú Paraibano no Agreste Ocidental, com a população aproximada de 5.343 habitantes, a 200 Km do estado da Paraíba e uma área territorial de 185,685 Km². A cidade apresenta seca e períodos de estiagem, sendo a cidade abastecida por carros-pipas e poços artesianos. Foram coletadas quatro amostras em diferentes localidades no período de outubro a dezembro de 2017 por discentes do curso de química.

Por outro lado, Taperoá-PB é localizada na microrregião do Cariri Ocidental, latitude 07° 12' 27" S e longitude 36° 49' 36" W, com uma área territorial de 644.156 km² e uma população estimada de 15.276 habitantes (IBGE, 2017). A cidade é abastecida por meio do açude Manoel Marcionilo e de águas subterrâneas. Nessa cidade, foram coletadas oito amostras em diferentes localidades no período de outubro a dezembro de 2017 por discentes do curso de química.

2.2 Coleta das amostras

As coletas das amostras de águas de abastecimento e de poços subterrâneos são de localidades diferentes. Cada coleta foi realizada em triplicata e as amostras de cada ponto identificadas e armazenadas em garrafas de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de 2,0 L previamente higienizadas, preenchidas por completo e mantidas em refrigeração durante todo período das análises.

2.2.1 Amostras aquosas de Taperoá-PB

As coletas das amostras de águas em Taperoá-PB foram: Ponto **A** - Açude Manoel Marcionilo; ponto **B** - Rua 15 de Novembro (Igreja); ponto **C** - Rua Assis Vicente (Posto); ponto **D** - Reservatório Marcos Vicente; ponto **E** - Rua São José; ponto **F** - Rua Antônio Noel de Farias; ponto **G** - Sítio Parelhas (zona sul); ponto **H** - Sítio Quixaba (zona sul).

2.2.2 Amostras aquosas de Damião-PB

As coletas das amostras de águas de abastecimento de Damião-PB foram: ponto **I** - abastecimento municipal; ponto **J** - tanque de arroz (cata-vento); ponto **K** - Cata-vento artesanal; ponto **L** - cisterna domiciliar.

2.3 Caracterização físico-química das amostras de águas

As análises foram realizadas no laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande/Cuité-PB. As metodologias seguiram recomendações pelo o livro *Standard methods for the examination of water and water* (APHA, 2012). Pelo manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2014), e o livro *Águas e Águas métodos laboratoriais de análises físico-químicas* (MACÊDO, 2001).

2.4 pH (Potencial Hidrogeniônico)

Na determinação de pH das amostras foram realizadas em um peagâmetro **pH 21 – Hanna**, sendo o mesmo previamente calibrado com soluções tampão ácido de $4,00 \pm 0,01$, neutro de $7,00 \pm 0,01$ (ALPHA, 2012).

2.5 Condutividade elétrica

Foi determinada utilizando um condutivímetro **mCA-150/Mca-150P** sendo previamente calibrado com solução padrão de cloreto de potássio (KCl) $146,9 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0,5\%$, com uma temperatura padronizada de 25°C .

2.6 Turbidez

Foi determinada por um turbidímetro modelo **TB1000**, previamente calibrado com soluções padrões de 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU. Em seguida, o recipiente foi lavado três vezes com água destilada e posteriormente

com a água da amostra. A leitura das amostras foi realizada em triplicata, acompanhadas com desvio padrão (ALPHA, 2012).

2.7 Dureza total (mg/L de CaCO₃)

Utilizou-se o método Clássico de Volumetria de Complexação utilizando o agente titulante EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) com a concentração de 0,01 mol.L⁻¹ e utilizando como indicador Negro de Eriocromo – T com pH 9,4 (APHA, 2012).

2.8 Cloretos

Empregou-se a Volumetria de Precipitação com Nitrato de Prata (AgNO₃) 0,1 mol.L⁻¹ pelo método de *Mohr*. E como indicador o Cromato de Potássio (K₂CrO₄) 0,1 mol.L⁻¹ (APHA, 2012).

2.9 Alcalinidade

As medidas de alcalinidade foram realizadas pelo método de volumetria de neutralização com ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,02 mol.L⁻¹ como agente titulante e solução indicadora alaranjado de metila 0,1 mol.L⁻¹. (APHA, 2012).

2.10 Estimativa de STD (sólidos totais dissolvidos)

Os valores de STD foram estimados a partir dos valores de condutividade elétrica (CE) indicados pela equação de Holanda e Amorim (apud Casali 2008).

2.11 Acidez

Utilizou-se o método de volumetria ácido-base considerando o agente titulante hidróxido de sódio (NaOH) 0,01 mol.L⁻¹ e a fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄) 0,1 mol.L⁻¹ como indicador. Caracterizado por carbonato de cálcio (CaCO₃) (APHA, 2012).

2.12 Fotômetro de chama

Para a determinação de outros cátions metálicos, como Na⁺ e K⁺ foi utilizado um fotômetro de chama QUIMIS Q498M, que usa filtros para a determinação desses cátions. O aparelho foi calibrado com soluções padrão de 100 ppm de Na⁺ e K⁺ com dimensões de 30 x 37 x 52 cm. Logo, as amostras de águas

foram sendo analisadas com as respectivas concentrações e determinando a coloração da chama específica de cada substância (QUIMIS, 2011).

2.13 Composição química pelo EDX (Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva - EDX)

A determinação da composição química da cortiça foi feita pela técnica de Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva - EDX, utilizando um espectrômetro digital da SHIMADZU, modelo EDX-7000. Foi utilizado como padrão, um metal esférico com dimensões de comp.: 15 cm – Lar.:13 cm e alt.:14 cm que avalia o percentual de alguns elementos que o constitui. O tempo foi de vinte minutos. Em seguida, foi introduzida a amostra de micro tubos com dimensões de comp.: 15 cm – Lar.:13 cm e alt.:14cm. Para que a amostra seja introduzida no tubo sem contaminação e interferências, utilizou um filme fino de polypropylene 3520 transparente que reveste a parte inferior e superior do tubo. E em seguida a amostra foi introduzida por oito minutos de leitura.

2.14 Microscopia eletrônica de varredura (MEV-FEV)

As análises foram realizadas em um MEV-FEV (“*Field Emission Gun*”), um microscópio eletrônico de varredura do tipo *Crossbeam*. Ou seja, há duas colunas no mesmo equipamento: uma coluna de elétrons do tipo *Field Emission Gun* (FEG); e outra coluna de íons focalizados (FIB). A fonte de elétrons do tipo FEG proporciona uma melhor qualidade de imagem comparada às fontes de filamento convencionais.

Inicialmente, as amostras foram cortadas transversalmente, lavadas em água destilada, secas e armazenadas em dessecador antes da análise. Em seguida, as imagens foram obtidas no MEV-FEG, modelo *Zeiss Auriga 40*, no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura – LABMEV, do Departamento de Engenharia de Materias – DEMat da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, operando em tensões de 4.00 kV e magnitudes 500X, 1.00KX, 4.00KX e 15.00KX.

2.15 Preparação do adsorvente natural

A matéria prima da cortiça foi coletada a partir da rolha de cortiça, onde geralmente é descartada sem nenhuma utilidade. Onde foram às rolhas derivados da árvore da espécie *Sobreiro* considerando a parte externa *virgem*. Para obtenção do adsorvente, o material foi cortado em pedaços menores e triturado no liquidificador doméstico marca *MUNDIAL* em forma de farelo. Em seguida, a cortiça foi pesada em uma balança analítica marca *BEL ENGINEERING* com $24V \pm 550mA$ modelo *M214Ai*. Depois, o adsorvente passou por duas triturações a cada dez minutos. O material depois de triturado, foi secado em estufa de secagem modelo: *Q31711-23* com $110/220V - 1000W$ a $60^{\circ}C$ por duas horas. Posteriormente, foi peneirado com uma Peneira de plástico do tipo *mesh 1* com granulometria de cortiça média.

2.16 Análise granulométrica

Seguiu-se o método de Suguio (1973), em que o material foi secado em temperatura ambiente e posteriormente levado à estufa com a temperatura em torno de $60^{\circ}C$, para evitar alteração no peso da amostra devido à umidade do ambiente e aglutinação dos grãos. Esse método foi utilizado com intuito de classificar e caracterizar os sedimentos (granulometria).

Depois de seco foram utilizados 3,0 gramas do material proveniente da cortiça para análise granulométrica, em que foi utilizado o processo de peneiramento com agitação através de um conjunto de seis peneiras com diferentes tipos de malhas numa máquina de Rot-up, sendo estas com intervalos de: 2mm; 1mm; $500\mu m$; $250\mu m$; $125\mu m$ $53\mu m$ caracterizado como: Cascalho; Areia muito grossa; Areia grossa; Areia média; Areia fina; Silte e/ou argila respectivamente.

No que se refere à cortiça foram trabalhadas dois tipos de granulometrias e diâmetro do poro. Nesse caso, foram: granulometria de cortiça média com diâmetro de $250\mu m$ e para granulometria de cortiça muito grossa com diâmetro de 1 mm.

2.17 Adsorção química por cromatografia em coluna

Após a determinação dos parâmetros físico-químicos foram realizados testes de adsorção onde as amostras foram tratadas por meio de cromatografia em

coluna. Os parâmetros analisados de dureza total e pH antes do tratamento foram repetidos após o tratamento com o adsorvente proveniente da cortiça para comparação dos resultados.

Para o tratamento das amostras foi utilizado o adsorvente natural (cortiça) com granulometria cortiça média com diâmetro de 250 μ m e a técnica foi à cromatografia em coluna com a bureta de 25 mL. Em seguida a coluna foi preenchida com 6,0 gramas do adsorvente natural (fase estacionária), que foi previamente lavado com água destilada até adquirir aparência natural. Por onde foram percolados 40 mL das amostras de águas de abastecimento com vazão de 2 mL/min do município de Damião – PB por adsorção química.

2.18 Adsorção química por filtração

Para o tratamento das amostras foi utilizado o adsorvente natural (cortiça) com diferentes granulometrias. Nas amostras A, B, C e D a granulometria de cortiça média com diâmetro de 250 μ m e nas amostras E, F, G, e H fora utilizada granulometria de cortiça muito grossa com diâmetro de 1 mm. A cortiça foi pesada em uma balança analítica com aproximadamente 3,0 gramas. Em seguida foi posta em contato com a água da amostra no agitador magnético modelo: M6261-22 com 220V \pm 600W fabricado em São Paulo, Brasil pela QUIMIS. Com vazão de 3,8 mL/min, as amostras de águas subterrâneas (100 mL) foram colocadas em contato com o adsorvente e filtradas novamente e em seguida analisadas por adsorção química.

3 Resultados

3.1 Caracterização físico-química de Taperoá-PB

Nas tabelas 1, 2, 3 e 4 demonstram caracterizações físico-químicas dos municípios de Taperoá-PB e Damião-PB, onde foram feitas medidas com respectivos parâmetros: pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total, acidez, alcalinidade, cloretos, estimativa de sólidos totais dissolvidos.

No que se refere à dureza total, a maioria das amostras apresentava concentrações elevadas de CaCO₃, variando-se valores entre 700 a 2263 mg/L de CaCO₃. Com relação às amostras A (200 \pm 0,10) e D (183 \pm 0,23), foram as únicas amostras que estavam abaixo do que é estabelecido pelo Ministério da

saúde, de acordo com a portaria de consolidação Nº 5/2017 onde o máximo é 500 mg/L de CaCO₃.

Já o pH de todas as amostras analisadas estão de acordo com o Ministério da Saúde. Todas as amostras estão com o pH entre 7 a 8,5 o que considera todas as amostras básicas e em conformidade com o MS entre $6,0 \leq \text{pH} \leq 9,5$ para consumo humano.

Na condutividade elétrica as amostras que apresentaram maior condutividade foram A ($221,57 \pm 0,02$) e D ($241 \pm 1,0$) o que demonstra uma grande variação entre as outras amostras que apresentaram uma condutividade relativamente baixa. Para todos os parâmetros, foram empregados os valores máximos permissíveis segundo a Portaria MS Nº 5/2017 (BRASIL, 2017).

No que se referem à acidez as três amostras de águas, apresentaram uma baixa concentração de carbonato de cálcio. Sendo que apenas a amostra E ($10,50 \pm 0,25$) apresentou valor maior em relação às outras amostras.

Tabela 1 - Análise físico-químicas de amostras aquosas do município de Taperoá-PB

	Dureza / mg.L ⁻¹ CaCO ₃	pH	Condutividade / mS.cm ⁻¹	Acidez /mg.L ⁻¹ CaCO ₃
Máximo permitido pelo MS	500	$6,0 \leq \text{pH} \leq 9,5$	Não determinado	Não determinado
A	$200 \pm 0,10$	$8,59 \pm 0,00$	$221,57 \pm 0,02$	--
B	$700 \pm 0,22$	$8,22 \pm 0,01$	$3,80 \pm 0,01$	--
C	$813 \pm 0,10$	$8,00 \pm 0,03$	$3,94 \pm 0,12$	--
D	$183 \pm 0,23$	$7,97 \pm 0,04$	$241 \pm 1,0$	--
E	$1330 \pm 0,29$	$7,73 \pm 0,08$	$4,70 \pm 0,01$	$10,50 \pm 0,25$
F	$2263 \pm 0,10$	$7,56 \pm 0,01$	$5,39 \pm 0,01$	$4,10 \pm 0,27$
G	$1750 \pm 0,20$	$7,89 \pm 0,00$	$9,33 \pm 0,01$	$3,60 \pm 0,32$
H	$1247 \pm 0,11$	$8,11 \pm 0,01$	$4,75 \pm 0,01$	--

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A turbidez das oito amostras de águas encontra-se de acordo com padrões estabelecidos pelo MS, que o máximo permitido é 5,0 NTU.

No teor de cloretos as amostras variaram entre 0,48 a 3,92 mg/L, ou seja, todas as amostras estão abaixo do máximo permitido pela MS.

Já na alcalinidade as concentrações de carbonato de cálcio variaram entre 159,60 a 326,67 mg/L apresentando-se como valores altos, mesmo não existindo um padrão estabelecido pela portaria de consolidação N° 5/17(BRASIL, 2017).

A estimativa da concentração de sólidos totais encontrada na maioria das amostras de Taperoá – PB foram baixas, mas sua influência mesmo que mínima pode causar várias doenças a saúde humana e animal. Na amostra F ($344,96 \pm 0,01$) houve uma maior concentração em relação às outras amostras. O excesso de sólidos totais pode causar vários problemas à saúde humana, como também para indústria, “ocasiona problemas de corrosão de tubulações e o seu consumo pode causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilita a formação de cálculos renais” (CASALI, 2008).

Tabela 2 - Análise físico-químicas de amostras aquosas do município de Taperoá-PB

	Alcalinidade mg/L CaCO ₃	Cloretos mg/L	Turbidez (NTU)	STD mS.cm ⁻¹
Máximo permitido pelo MS	Não determinado	250	5,0	Não determinado
A	159,60 ± 0,11	3,19 ± 0,01	0,90 ± 0,05	141,80 ± 0,02
B	199,60 ± 0,17	1,63 ± 0,05	1,47 ± 0,05	2,43 ± 0,01
C	293,34 ± 0,12	1,61 ± 0,05	2,42 ± 0,03	2,52 ± 0,12
D	171,60 ± 0,03	0,48 ± 0,02	1,96 ± 0,09	154,24 ± 0,01
E	225,60 ± 0,12	2,07 ± 0,02	1,70 ± 0,03	3,00 ± 0,01
F	253,60 ± 0,17	2,41 ± 0,01	4,00 ± 0,03	344,96 ± 0,01
G	326,67 ± 0,01	3,92 ± 0,01	1,62 ± 0,07	5,97 ± 0,01
H	252,90 ± 0,20	2,11 ± 0,01	2,80 ± 0,06	3,04 ± 0,02

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.2 Caracterização físico-química de Damião-PB

No município de Damião-PB, especificamente, a dureza total das amostras de águas, apresentaram valores menores que 500 mg/L de CaCO₃. De acordo com a Funasa (2014) a dureza da água em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO₃) pode ser caracterizada como: mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO₃; dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO₃; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO₃; e muito dura: >300mg/L de CaCO₃.

No que se refere ao pH, verificou uma alteração do pH das amostras J e L com 5,55 e 9,54 respectivamente.

A condutividade elétrica das amostras de Damião-PB apresentou alta concentração variando entre 42,57 a 3890 das amostras J e K respectivamente. Na determinação da acidez todas as três amostras apresentaram um teor baixo. Não há uma especificação de acordo com o Ministério da Saúde sobre o máximo permitido para consumo humano. Sendo que esses valores em baixa concentração, a amostra J (12,0 ± 0,01) apresentou maior acidez comparado às outras amostras em estudo.

Tabela 3 - Análise físico-químicas de amostras aquosas do município de Damião-PB

	Dureza total/ mg.L ⁻¹ CaCO ₃	pH	Condutividade mS.cm ⁻¹	Acidez/mg.L ⁻¹ CaCO ₃
Máximo permitido pelo MS	500	6,0 ≤ pH ≤ 9,5	Não determinado	Não determinado
I	80,00 ± 0,10	7,45 ± 0,01	401,2 ± 0,02	6,0 ± 0,01
J	14,70 ± 0,06	5,55 ± 0,01	42,57 ± 0,01	12,0 ± 0,01
H	417,00 ± 0,28	6,64 ± 0,01	3890 ± 0,12	5,0 ± 0,01
L	137,00 ± 0,11	9,54 ± 0,01	275,4 ± 0,01	--

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Com relação à tabela 4, especificamente na alcalinidade os valores variaram entre 14,67 a 76,93 mg/L de CaCO₃. Já os cloretos, todas as amostras apresentaram valores abaixo do que estabelecido pela MS.

No que diz respeito ao parâmetro de Turbidez, houve aumento na amostra I com 6,58 NTU, onde de acordo com a MS o máximo permitido para consumo é 5,0 NTU. Por outro lado, a estimativa dos sólidos totais dissolvidos apresentaram valores elevados de 176,25 a 2489,90 mS.cm⁻¹.

Tabela 4 - Análise físico-químicas de amostras aquosas do município de Damião-PB

	Alcalinidade mg/L CaCO ₃	Cloretos	Turbidez (NTU)	STD mS.cm ⁻¹
Máximo permitido pelo MS	Não determinado	250	5,0	Não determinado
I	63,60 ± 0,11	0,15 ± 0,52	6,58 ± 0,10	256,76 ± 0,50
J	14,67 ± 0,05	0,14 ± 0,29	0,44 ± 0,10	27,24 ± 0,30
H	78,94 ± 0,30	0,19 ± 0,10	4,29 ± 0,10	2489,90 ± 0,21
L	76,93 ± 0,12	0,07 ± 0,1	0,18 ± 0,10	176,25 ± 0,12

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.3 Fotômetro de chama

De acordo com a tabela 5, foram analisadas as concentrações de Sódio e Potássio de amostras de águas subterrâneas do município de Taperoá - PB com intuito de verificar a concentração de outros cátions dissolvidos em águas.

Com relação à tabela 5 as amostras apresentaram diferentes concentrações de Sódio e Potássio no fotômetro de chama. Todas as amostras apresentaram alto teor de Sódio e baixa concentração de Potássio.

3.4 Análise físico-química após a utilização do adsorvente natural (cortiça) pelo método de filtração

Tabela 5 - Determinação das concentrações de Sódio e Potássio em amostras de águas do município de Taperoá – PB.

Na ⁺ (ppm)		K ⁺ (ppm)
Máximo estabelecido pela MS	200 (ppm)	Não determinado
A	32,10 ± 1,05	28,36 ± 0,38
B	804,2 ± 35,19	30,4 ± 0,11
C	905,0 ± 9,13	23,6 ± 0,25
D	33,16 ± 0,28	23,6 ± 0,25
E	778,6 ± 10,97	36,4 ± 0,35
F	690,8 ± 5,25	90,8 ± 0,13
G	1407,0 ± 7,96	39,2 ± 0,19
H	727,2 ± 5,21	13,34 ± 0,23

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 6 - Valores de Dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (filtração). Granulometria de cortiça média e diâmetro 250 µm.

Análises	Dureza mg/L CaCO ₃		pH	
	A	B	A	B
Antes do tratamento	200 ± 0,11	700 ± 0,22	8,59 ± 0,017	8,22 ± 0,00
Após o tratamento	90 ± 0,10	160 ± 0,20	8,16 ± 0,10	7,33 ± 0,20
	C	D	C	D
Antes do tratamento	813 ± 0,10	183 ± 0,22	8,0 ± 0,03	7,97 ± 0,04
Após o tratamento	60 ± 0,10	80 ± 0,20	8,03 ± 0,01	7,45 ± 0,01

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Na determinação da dureza total a cortiça se mostrou promissora no que diz respeito a sua redução e tratamento de águas subterrâneas. Foi analisado as amostras A, B, C e D com grãos menores e E, F, G e H com grãos maiores. No que diz respeito a sua eficiência, os grãos menores apresentaram uma redução maior na dureza total. Segue na tabela 6.

Com relação à tabela 7 a dureza total apresentou pouca redução a partir de grandes concentrações de Carbonato de cálcio (CaCO_3). Isto se deu, pelo fato da granulometria da cortiça muito grossa. Os contatos durante a filtração e agitação magnética da cortiça com as amostras de águas subterrâneas foram às mesmas para todas as amostras de Taperoá – PB. O tamanho da granulometria influenciou durante adsorção, quanto menor o granulado melhor a interação do adsorvente com a referida matriz, contribuindo para uma redução significativa.

**Tabela 7- Valores de Dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (filtração).
Granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro 1mm.**

Análises	Dureza mg/L CaCO_3		pH	
	E	F	E	F
Antes do tratamento	1330 ± 0,29	2263 ± 0,10	7,73 ± 0,08	7,56 ± 0,01
Após o tratamento	1050 ± 0,12	2000 ± 0,17	8,07 ± 0,01	7,45 ± 0,01
	G	H	G	H
Antes do tratamento	1750 ± 0,20	1247 ± 0,11	7,89 ± 0,00	8,11 ± 0,01
Após o tratamento	1450 ± 0,15	1040 ± 0,11	7,72 ± 0,01	7,55 ± 0,01

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.5 Análise físico-química após a utilização do adsorvente natural (cortiça) pelo método de cromatografia em coluna

As análises por cromatografia em coluna mostraram pouquíssima redução da dureza total de amostras de águas de abastecimento do município de Damião – PB. As amostras K e L apresentaram uma menor diminuição após adsorção da cortiça comparado as outras amostras anteriormente destacadas.

Essa técnica mostrou-se não tão eficiente como a filtração, porque apesar de utilizar o mesmo adsorvente natural (cortiça), a cromatografia apresentou-se alguns obstáculos durante o processo de análise. O material apresentou-se baixa densidade, várias fases estacionárias.

Tabela 8 - Valores de dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (cromatografia em coluna) com granulometria de cortiça média e diâmetro de 250 µm.

Análises	Dureza mg/L CaCO ₃		pH	
	I	J	I	J
Parâmetros analisados				
Antes do tratamento	80 ± 0,10	14,17 ± 0,06	7,45 ± 0,01	5,55 ± 0,01
Após o tratamento	14,3 ± 0,12	14,15 ± 0,13	6,87 ± 0,01	5,51 ± 0,01
	K	L	K	L
Antes do tratamento	417 ± 0,28	137 ± 0,06	6,64 ± 0,01	9,54 ± 0,01
Após o tratamento	130 ± 0,85	76,66 ± 0,19	6,75 ± 0,01	7,21 ± 0,01

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.6 Composição química da cortiça no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX

De acordo com a tabela 9 a composição química variou entre os diferentes constituintes presentes dentro do adsorvente natural. Na cortiça *in natura* a amostra apresentou um baixo percentual de cálcio (Ca) do material, no entanto, após o tratamento utilizando o adsorvente com granulometria de cortiça média e diâmetro de 250µm o cálcio (Ca) aumentou o seu percentual. Isto se dá devido o tamanho da granulometria e diâmetro do poro da cortiça. Quanto

menor for o grânulo melhor será o processo de adsorção para o tratamento desejado da referida matriz. Já na granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro de 1mm o cálcio (Ca) apresentou um menor percentual comparado a granulometria de cortiça média e diâmetro de 250 μ m. Pois a área de contato foi menor, devido o aumento do granulado da cortiça.

Alguns metais não foram encontrados após adsorção, mas garante que o processo de adsorção foi demonstrado, principalmente, no tratamento da dureza total, devido o aumento considerável (quantificação) do cálcio em diferentes granulometrias após o tratamento das amostras de água.

Tabela 9 - Composição química antes e após adsorção da cortiça utilizando o Espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva- EDX

Elementos	Cortiça <i>In natura</i> %	Cortiça/Granulometria cortiça média %	Cortiça/Granulometri a cortiça muito grossa %
Cálcio (Ca)	34,428	78,808	45,689
Potássio (K)	45,800	3,981	12,411
Silício (Si)	5,264	7,334	22,465
Enxofre (S)	3,910	3,487	6,824
Manganês(Mn)	1,999	1,602	2,121
Ferro (Fe)	1,942	1,848	3,171
Fósforo (P)	1,917	--	--
Háfnio (Hf)	1,705	--	--
Cobre (Cu)	0,858	0,742	1,035
Ósmio (Os)	0,806	--	1,182
Cobalto (Co)	0,525	--	--
Zinco (Zn)	0,510	0,451	0,802
Bromo (Br)	0,337	0,408	0,359

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No que se refere aos outros elementos constituintes da cortiça, houve uma menor adsorção do Potássio (K) em diferentes granulometrias após o

tratamento, ocorrendo a diminuição em diferentes amostras e maior distribuição no adsorvato. Já o Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Enxofre (S), houve uma melhor adsorção na granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro 1mm. O percentual do Cobalto (Co), Fósforo (P) e Háfênio (Hf), foram identificados apenas na cortiça *in natura*.

3.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV-FEV)

Microscopicamente, a amostra analisada foi de acordo com a Figura 9 (B) cortiça cortada. É constituída por camadas de células de aspecto alveolar, cujas membranas celulares possuem certo grau de impermeabilização e estão cheias de um gás semelhante ao ar, que ocupa cerca de 90% do volume (Gil, 1998), o que sugerem as Imagens A, B e C. Na Imagem D, com magnitude de 15.00KX percebe-se uma superfície rugosa com aspecto ondulatório que, possivelmente configure uma formação irregular, constituindo dessa forma uma superfície rica em cavidades, como relata Gil, (1998).

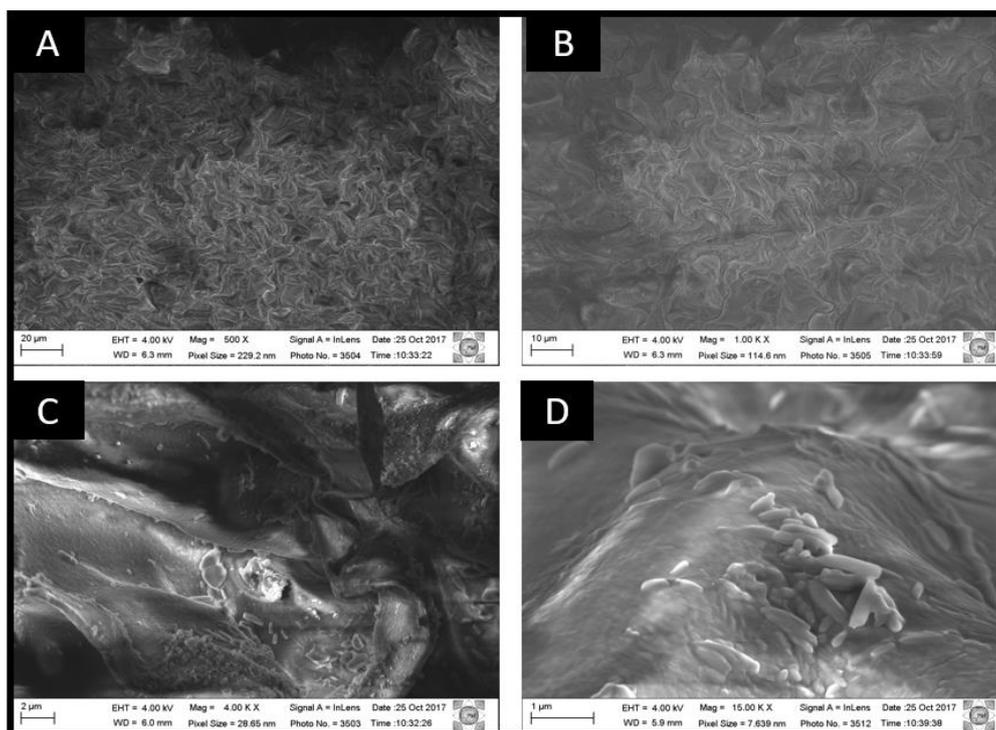


Figura 1: Morfologia com diferentes magnitudes: (A) 500X, (B) 1.00KX, (C) 4.00KX (D) 15.00KX.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.8 Fotômetro de chama antes e após o tratamento com a cortiça

Com relação à tabela 10 o pós-cortiça das amostras de águas subterrâneas do município de Taperoá-PB mostraram uma variação nas concentrações de Sódio e Potássio. Antes do tratamento, as amostras foram caracterizadas com o teor de Potássio maior em concentração comparado ao Sódio de menor concentração expresso em ppm.

Tabela 10. Valores de fotômetro de chama antes e pós cortiça de amostras aquosas de Taperoá – PB.

Análises	Na ⁺ Sódio (ppm)		K ⁺ Potássio (ppm)	
	A	H	A	H
Parâmetros analisados				
Antes do tratamento	32,10 ± 1,05	727, 2 ± 5,21	28, 36 ± 0,38	13.34 ± 0,23
Após o tratamento	31,0 ± 1,22	777,2 ± 2,02	82, 06 ± 3,18	23, 0 ± 0,07

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Após cortiça em contato com as amostras de águas houve um aumento considerável de Potássio nas amostras A e H com 28,36 para 82,06 e 13,34 para 23,0 respectivamente após o tratamento. E uma baixa redução de Sódio na amostra A, no entanto, a amostra H houve um aumento considerável na concentração referente o antes e após o tratamento variando de 727,2 para 777,2 ppm de sódio.

4 Conclusão

Portanto, as duas cidades apresentaram diferentes caracterizações físico-químicas que serviram para o estudo com o adsorvente natural cortiça (*Quercus suber L.*).

No que se refere a granulometria de cortiça média e diâmetro de 250 µm a filtração apresentou-se como promissora comparado a cromatografia em coluna. No entanto, as análises com granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro de 1mm apresentaram menor redução da dureza total.

Na composição química no Espectrômetro de Fluorescência de raios-X por Energia Dispersiva-EDX houve um aumento de percentual considerável do

Cálcio na granulometria de cortiça média e diâmetro 250 μ m, o que comprova a diminuição da dureza total.

Esse trabalho teve como relevância a utilização de adsorvente natural proveniente da cortiça para o tratamento das amostras aquosas, como também o conhecimento a respeito da qualidade da água consumida no município de Taperoá e Damião no estado da Paraíba.

5 Referências

ANDREOLI, Cleverson. V.; LUPION, T.P. (Org.). **A relação da qualidade e quantidade da água no ambiente urbano e rural**. Complexidade: redes e conexões do ser sustentável. Curitiba, PR: SENAR, 2014. p 488.

APHA – AWWA – WEF . American Public Health Association; American Water Work Association; Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Rodger B. BAIRD, Andrew D. CLESCERI; Amer. Public Health Assn: Washington, 22 eds. 2012.

BANDEIRAS, Cátia. Da Versatilidade da (nossa) cortiça: por um melhor tratamento de águas. **Revista online P3**. Público. Disponível em: <http://p3.publico.pt/actualidade/ciencia/14222/da-versatilidade-da-nossa-cortica-por-um-melhor-tratamento-das-aguas>. Acesso em: 21 de Outubro de 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO nº. 5/2017**. Dispõe sobre à " Consolidação das normas sobre as ação e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde". Anexo XX – Do controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Portabilidade (origem. PRTMS/GM 2914/2011). Brasília, 2017. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/pro0005_03_10_2017.htm > . Acesso em 25 de setembro de 2019.

MARQUES, Susana Cristina Roque Marques. **Remoção de poluentes em solução aquosa por carvões activados**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa – Faculdade de Ciências. Departamento de Química e Bioquímica, Lisboa, LX, 2011.

CASALI, Carlos Alberto., et al. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 2008. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2008.

DOMINGUES, Valentina Maria Fernandes., et al. **Utilização de um produto natural (cortiça) como adsorvente de pesticidas piretróides em águas**. 2005. 198p. Tese (Doutorado) - Universidade do Porto, Porto, 2005.

FREIRE, Priscyla Aparecida de Campos; TRANNIN, Isabel Cristina de Barros; SIMÕES, Silvio Jorge Coelho. **Pump and treat free phase in Coastal Aquifer**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, 2014, 19.4: 461-470.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: 3ª ed.rev. FUNASA; 2014.

GIL, Luis. **Cortiça – Produção, Tecnologia e Aplicação**, Ed INETI, Lisboa. 1998.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. Local: Embrapa, mar, 2011.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/taperoa/panorama>> Acesso em: 11 de abril de 2019 as 9h.

MACEDO, José Antônio Barros de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. Águas e águas. Jorge Macedo. Juiz de Fora, 2001.

MOREIRA, Sara de Abreu. **Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: <http://www.teses.ufc.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1383>. Acesso em 14 de março de 2019.

SUGUIO, Kenitiro. **Introdução a Sedimentologia**. Edgard Blucher/EDUSP, São Paulo, 317 p. 1973.

QUIMIS. Aparelhos científico LDTA. **Manual de Instruções do fotômetro de chama**. Q498M. Diadema/SP. 2011.

6. Agradecimentos

Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental (BIOAMBI) da UFCG/CES pela realização da pesquisa.

Laboratório de Bromatologia (LABROM) da UFCG/CES pelas análises no Fotômetro de chama.

Laboratório de Eletroquímica e Corrosão (LEC) da UFCG/CES pelas análises da composição química no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX.

Laboratório de Meio Fauna (LABMEIO) da UFCG/CES pelas análises da granulometria e diâmetro no equipamento Rot-up.

Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) da UFRN pelas análises da Morfologia.