

INTRODUÇÃO

Os microcontaminantes de preocupação emergente (CECs - *contaminants of emerging concern*) foram recentemente detectados em águas superficiais, trazendo preocupações devido aos malefícios que causam nos seres humanos e nos ecossistemas aquáticos. O tratamento de água convencional não é projetado para remoção dos CECs. Além disso, não existe legislação vigente a respeito da concentração máxima desses componentes nos efluentes.

Nesse contexto, o presente trabalho objetiva utilizar o carvão do coco verde (Figura 1), previamente sintetizado e caracterizado, na remoção de nove CECs selecionados (fármacos), entre eles: antibióticos, analgésicos, anticonvulsivantes, e estimulantes (Figura 2). Segundo o IBGE, o Brasil produziu mais de 1,6 bilhão de coco em 2021. A ampla produção e comercialização desse fruto é um fator preocupante devido aos resíduos gerados por sua casca pós-consumo. Além de ocupar um grande volume, a casca do coco verde demora um longo tempo para se decompor. A escolha do carvão do coco como adsorvente de contaminantes no presente trabalho é uma alternativa sustentável e visa valorizar este resíduo sólido.

Figura 1 - Resíduos de coco verde



Fonte- Google Imagens (2016)

Figura 2 - Medicamentos contendo os fármacos analisados



Fonte- Google Imagens

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada possui 3 etapas: (1) produção do carvão por meio de micro-ondas industrial; (2) caracterização do carvão obtido; e (3) teste do potencial do material como adsorvente de fármacos em duas concentrações. O carvão oriundo do coco foi produzido através de um micro-ondas de 01 magnetron com potência de 3 kW (Figura 3). 1/4 de coco verde foi inserido para a pirólise assistida por micro-ondas. Foi realizada a análise elementar, termogravimétrica, e o método analítico para determinação do índice de azul de metileno e a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) no material sintetizado.

Figura 3 - Produção do carvão a partir da biomassa do coco verde
A) micro-ondas; B) Ação das micro-ondas B) carvão na granulometria mesh 80



Fonte- autores (2023)

Para a terceira etapa, houve a coleta das amostras de água de uma fonte superficial localizada nas proximidades do Colégio Militar de Belo Horizonte, o Córrego Engenho Nogueira. As amostras foram fortificadas com um mix 500 ug.L⁻¹ (Figura 4) contendo os nove fármacos selecionados (Tabela 1) (Figura 5.A). Em seguida, foi calculada a taxa de adsorção do carvão para cada fármaco em duas concentrações: 0,5g.L⁻¹ e 1g.L⁻¹.

Figura 4 - Mix contendo os 9 fármacos



Fonte- autores (2023)

Tabela 1- Fármacos analisados e suas classificações

analgésico	acetaminofeno	ACE
antibiótico	trimetoprima	TMP
antibiótico	sulfametoxazol	SMX
antibiótico	ciprofloxacina	CIP
antibiótico	sulfadiazina	SDZ
anticonvulsante	carbamazepina	CAR
anti-hipertensivo	losartan	LOR
anti-inflamatório	diclofenaco	DIC
estimulante	cafeína	CAF

Fonte- autores (2023)

Para o teste de adsorção do carvão na concentração de 0,5g.L⁻¹:

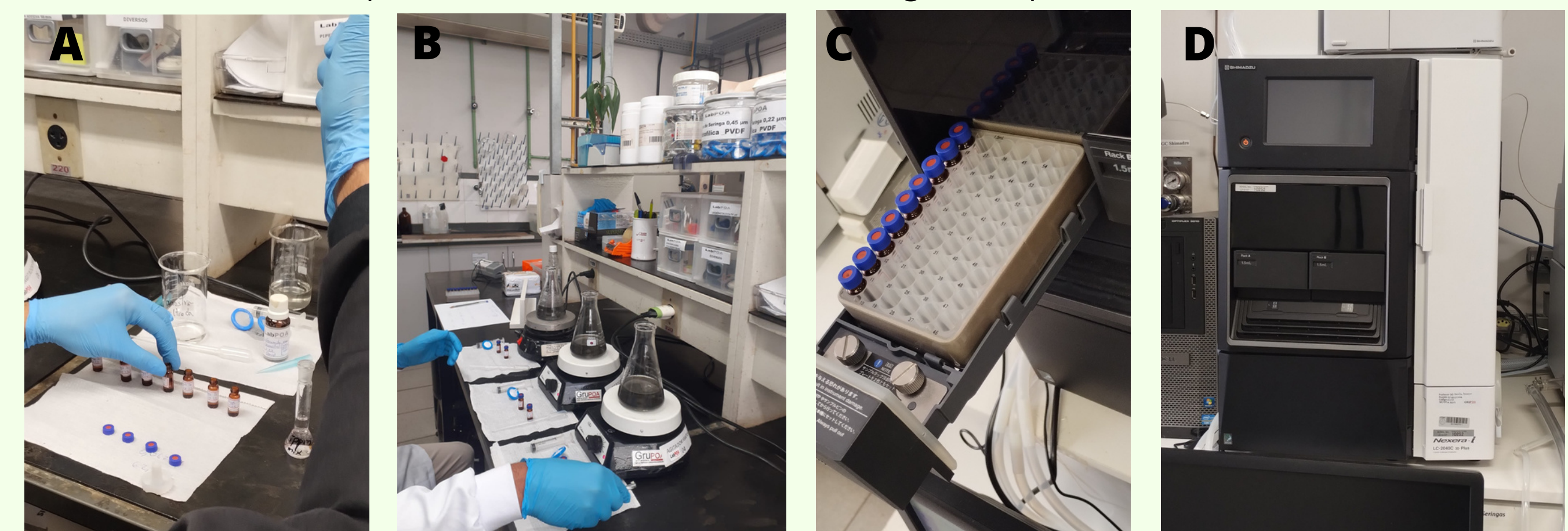
As amostras foram preparadas, em duplicata, em três valores de pHs 2, 7 e 9. A eficiência de adsorção foi avaliada em cada um desses meios. Foi então adicionado carvão na concentração de 0,5g.L⁻¹ em cada solução fortificada.

Para o teste de adsorção do carvão na concentração de 1g.L⁻¹:

Com o objetivo de analisar a interferência que a matéria orgânica apresenta no processo de adsorção dos fármacos, foram preparadas amostras em triplicatas utilizando água proveniente da fonte superficial e água ultrapura, ambas fortificadas e em pH neutro. Neste experimento foi adicionado carvão na concentração de 1g.L⁻¹. Além disso, foi realizada a quantificação dos íons nitrato, fosfato e sulfato e depois da agitação e teste de cor real e cor aparente.

Após o preparo das amostras o experimento seguiu a seguinte metodologia: as soluções, após adição do carvão, foram submetidas a 22 horas de agitação (Figura 5.B). Os CECs foram quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de diodos (HPLC-DAD) (Figuras 5.C e 5.D).

Figura 5 - Etapas experimentais A) Fortificação das amostras. B) Adsorção do carvão. C) Vials sendo submetidos à cromatografia. D) HPLC-DAD.

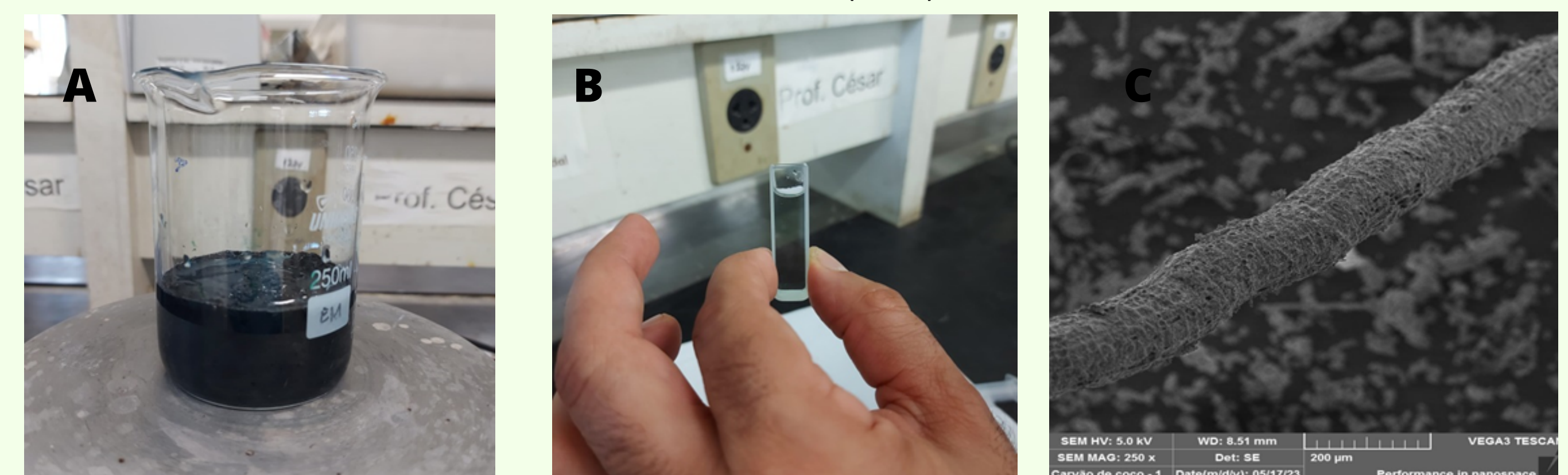


Fonte- autores (2023)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cada 1 kg de coco foram gerados 10 g de carvão e produtos gasosos. O resultado de triplicata da adsorção do azul de metileno foi, em média, de 97,23%, sendo superior a adsorções com carvões ativados de açaí e borra de café (Costa, 2014). O MEV indicou cavidades porosas de tamanho definidos e homogêneos, com a granulometria mesh 80 (Figura 6), semelhante a de carvões de coco ativados com KOH. Além disso, a utilização do micro-ondas na produção do carvão tem um rendimento com maior grau de pureza (98%), quando comparado à pirólise convencional (72%) (Claudino, 2003).

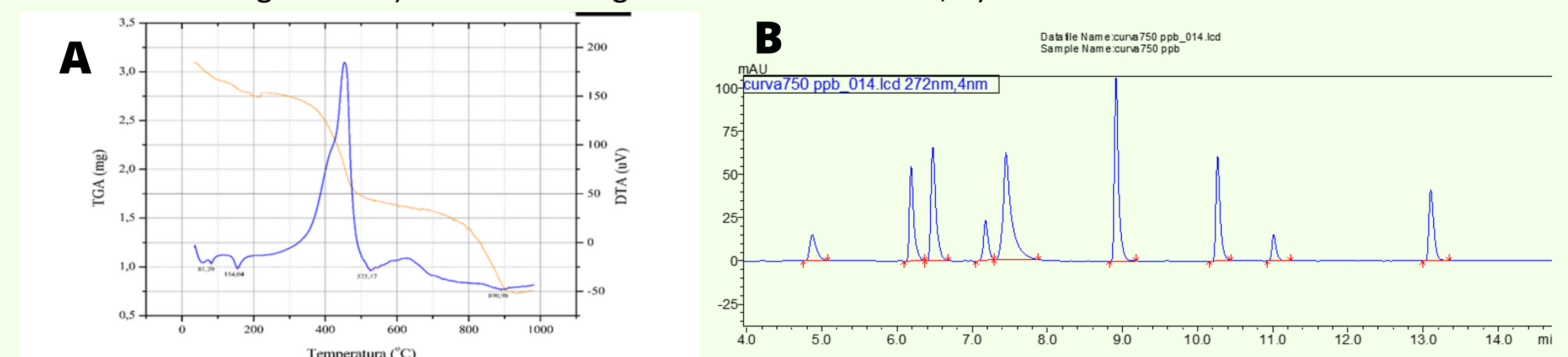
Figura 6 - A) e B) adsorção do carvão exemplificada utilizando azul de metileno; C) Microscopia eletrônica de varredura (MEV)



Fonte - autores (2023)

A análise termogravimétrica realizada (Figura 7.A) indicou que o carvão estabiliza a partir de 900 °C. Para a análise do potencial do carvão do coco como adsorvente de CECs foram obtidos os cromatogramas das matrizes quantificadas por meio do HPLC-DAD e foi calculado a área do pico correspondente a cada analito utilizando o software LabSolutions (Figura 7.B). Assim, as curvas de calibração de cada fármaco foram construídas e utilizadas para calcular a concentração dos analitos de cada uma das amostras (Tabela 2).

Figura 7 - A) Análise termogravimétrica do carvão; B) Gráfico no LabSolutions



Fonte- autores (2023)

Tabela 2- Resultados das amostras finais e iniciais no HPLC

Coluna nova (3.0 x 250 mm, 3 um C18 Shim-pack GIST-HP)						
Fernando - Amostras (19/09/2023)						
Canal	Ch1 243nm	Ch3 272nm	Ch4 269nm	Ch5 285nm	Ch6 277nm	Ch8 242nm
TR	4,9	6,2	7,2	10,3	7,47	11
analitos	Acetaminofeno	Cafeína	Trimetoprima	Cabamazepina	Ciprofloxacina	Losartan
AUP_01	73%	61%	82%	47%	63%	17%
AUP_02	64%	56%	83%	43%	72%	16%
AUP_03	77%	65%	91%	53%	78%	22%
Média	71%	61%	86%	47%	71%	18%
AS_01	43%	40%	53%	23%	49%	6%
AS_02	42%	39%	43%	23%	38%	—
AS_03	44%	39%	44%	24%	38%	6%
Média	43%	39%	47%	23%	42%	6%

Fonte- autores (2023)

Após a análise dos resultados, foi verificado que no 1º experimento os fármacos ACE, CAF e TMP apresentaram satisfatórias adsorções, com seus melhores resultados sendo 36% em meio básico, 22% em meio básico e 24% em meio ácido, respectivamente. Além disso, a CIP apresentou um excelente resultado, sendo removido em 66% em meio ácido e neutro e 75% em meio básico. No 2º experimento, ACE, CAF, TMP e CIP apresentaram satisfatórias adsorções, sendo removidos, em média, 43%, 49%, 47% e 42% em água superficial e 71%, 61%, 86% e 71% em água ultrapura, respectivamente. Além disso, foram realizadas as análises quanto à remoção de nitrato, fosfato e sulfato e foi verificado que o carvão conseguiu remover, em média, 86,4% de nitrato, 15,3% de fosfato e 1,7% de sulfato.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os graves malefícios que esses fármacos causam à população humana, aos ecossistemas aquáticos e os riscos associados à resistência bacteriana fomentada pela presença de antibióticos na natureza (Carolina, 2018) amplamente estudados pela comunidade científica atualmente, os resultados apresentados acima são satisfatórios. A adsorção por meio do carvão do coco é uma possibilidade sustentável para tratamento de águas superficiais visando a remoção dos CECs.

REFERÊNCIAS

- COSTA, F. F.; WANG, G.; COSTA, M. Combustion kinetics and particle fragmentation of raw and torrefied pine shells and olive stones in a drop tube furnace. Proceedings of the Combustion Institute, v. 35, p. 3591-3599, 2014.
CAROLINA ORONA-NÁVAR; RAUL G.; RODRIGO R.; JÜRGEN M.; RAUL I. H.; JUAN G. R.; K.D.P. NIGAM; NANCY O. S. Adsorptive removal of emerging pollutants from groundwater by using modified titanate nanotubes, 2018.
CLAUDINO, Andrea. Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes. 2003, 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.