

DOI: 10.33947/1981-741X-v22n2-5221

AVALIAÇÃO DA TRATABILIDADE ALTERNATIVA DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE ÓLEO DE COCO**EVALUATION OF THE ALTERNATIVE TREATABILITY OF EFFLUENTS FROM THE COCONUT OIL INDUSTRY**Daniel Pedro Mazive¹, Malaquias Zildo António Tsambe², Raimundo Rafael Gamela³**RESUMO**

As indústrias alimentares, em virtude de seus processos produtivos, podem gerar efluentes que quando descartados sem o devido tratamento podem contaminar corpos receptores. Este pressuposto leva a necessidade de estudar tecnologias, visando a minimização dos possíveis impactos ambientais. A presente pesquisa tem como objectivo, avaliar a tratabilidade de efluentes da indústria de óleo de coco por meio de adsorção, utilizando fibra de coco como material bioadsorvente. Trata-se de um estudo aplicado, baseado no método experimental em escala de bancada. Foram analisados os parâmetros pH, Temperatura, Turbidez, Demanda Química de Oxigénio (DQO), Cloretos, Amónia e Fósforo Total, tanto para o efluente bruto, bem como para o tratamento. Os resultados mostraram que o efluente gerado na indústria de óleo de coco possui características ácidas, elevada turbidez e elevada concentração de cloretos. Por outro lado, os resultados dos testes de tratabilidade revelam que a fibra de coco pode ser usada como bioadsorvente para tratabilidade de efluentes da indústria de óleo de coco, tendo alcançado em média 97,4% de redução da turbidez, 83,3% de redução da DQO, 81,6% de redução de cloretos, 63,9% de redução de Fósforo total e 40,4% de redução da Amónia. Foi possível adequar os padrões da turbidez e melhorar as concentrações de DQO, Fósforo total e Amónia no efluente, reduzindo os riscos de contaminação ambiental. Os níveis de pH e cloretos permaneceram fora dos padrões de emissão legislados. Os ensaios de tratabilidade permitem tratar os efluentes desta indústria atendendo a maioria dos limites de descarte legislados.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio de Tratabilidade. Efluentes da indústria alimentar. Adsorção.**ABSTRACT**

Food industries, due to their production processes, can generate effluents that, when discarded without proper treatment, can contaminate receiving bodies. This assumption leads to the need to study technologies, aiming to minimize possible environmental impacts. The present research aims to evaluate the treatability of effluents from the coconut oil industry through adsorption, using coconut fiber as a bioadsorbent material. This is an applied study, based on the experimental method on a bench scale. The parameters pH, Temperature, Turbidity, Chemical Oxygen Demand (COD), Chlorides, Ammonia and Total Phosphorus were analyzed, both for the raw effluent and for the treatment. The results showed that the effluent generated in the coconut oil industry has acidic characteristics, high turbidity and high concentration of chlorides. On the other hand, the results of the treatability tests reveal that coconut fiber can be used as a bioadsorbent for the treatability of effluents from the coconut oil industry, having achieved an average of 97.4% turbidity reduction, 83.3% reduction in COD, 81.6% reduction in chlorides, 63.9% reduction in total phosphorus and 40.4% reduction in ammonia. It was possible to adapt turbidity standards and improve the concentrations of COD, total phosphorus and ammonia in the effluent, reducing the risks of environmental contamination. pH and chloride levels remained outside the legislated emission standards. Treatability tests make it possible to treat effluents from this industry, meeting most of the legislated disposal limits.

KEYWORDS: Treatability Test. Effluents from the food industry. Adsorption.

¹ Mestrando em Agroquímica e Ambiente pela Universidade Save – Moçambique. Email: mdanielpedro@gmail.com

² Pesquisador de Pós-Doutorado no CHEPIS Programme; Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental; Docente no Departamento de Estudos em Tecnologias Ambientais na Faculdade de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Pedagógica de Maputo - Moçambique, Email: mtsambe@up.ac.mz

³ Doutorado em Química analítica; Docente no Instituto Superior Politécnico de Gaza - Moçambique, Email: ragamela@gmail.com

INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia é uma das actividades que mais cresce em todo o planeta, devido à grande demanda por alimentos, o que acaba gerando uma grande quantidade de resíduos, efluentes e emissões que podem contaminar o solo e a água. Os resíduos provenientes da indústria de alimentos envolvem quantidades apreciáveis de substâncias líquidas, sólidas e gasosas, que inevitavelmente terminam sendo lançados no meio ambiente. As características desses resíduos variam de acordo com o alimento processado e com o grau de industrialização (Callado; Callado, 2019).

Uma das indústrias alimentares que se destaca na geração de significativas quantidades de resíduos, é a indústria de processamento de coco. Este tipo de indústria gera como resíduos casca e quengo de coco, aparas, brotos, rejeitos de polpa, coco seco derramado, águas de lavagens, gorduras, entre outros. Assim, o tratamento adequado de efluentes destas indústrias é indispensável, como forma de minimizar o possível impacto ambiental, preparando os efluentes para o atendimento das legislações vigentes e, consequentemente, o lançamento correcto em corpos receptores.

No entanto, as indústrias moçambicanas dedicadas ao processamento de coco, na sua maioria não possuem um sistema de tratamento do efluente gerado durante o processo produtivo. É importante referir que a baixa eficiência dos processos empregados no tratamento de efluentes industriais ou mesmo a falta de um sistema de tratamento pode causar uma grande degradação dos recursos hídricos.

O efluente gerado em agroindústrias de processamento de coco é uma matriz muito importante para ser aplicado em estudos de tratabilidade pois, apresenta características bem definidas, como baixo pH devido à presença dos ácidos orgânicos existentes no coco (Crespilho *et al.*, 2004).

A pesquisa se propõe ao estudo da aplicabilidade da fibra de coco, um resíduo do processamento primário nesse tipo de indústria, como material bioadsorvente para a remoção de contaminantes em efluentes gerados pela indústria de processamento de coco, enfatizando o conceito de sustentabilidade agroambiental através do aproveitamento de matéria-prima disponível localmente.

Estudos de tratabilidade de efluentes podem ser vistos como factor de minimização de impactos dos efluentes industriais sobre o meio receptor hídrico. Das várias tecnologias de tratamento, a adsorção tem sido investigada devido a sua fácil operacionalização e uso de materiais de fácil acesso, tais como resíduos agro-industriais que podem ser utilizados como bioadsorventes (Queiroz *et al.*, 2023).

As características do efluente tratado são determinantes para a eficiência da tecnologia escolhida para o tratamento assim, este estudo propõe a avaliação da tratabilidade de efluentes da indústria de óleo de coco por meio de adsorção utilizando a fibra de coco como material bioadsorvente.

No entanto, apesar das suas inúmeras vantagens, em Moçambique não foram encontrados estudos sobre a utilização de fibras de coco para o tratamento de efluentes industriais, tornando o estudo como pioneiro no País. Dessa forma, o aproveitamento das fibras de coco como bioadsorventes para o tratamento de efluentes pode reduzir o descarte das cascas de coco e em simultâneo, reduzir os contaminantes nos efluentes, revelando-se como alternativa viável tendo em consideração a bioremediação e bioeconomia, contribuindo nos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6 e ODS12).

O estudo tem como objectivo avaliar a tratabilidade de efluentes da indústria de óleo de coco por meio de adsorção em escala de bancada, utilizando fibra de coco como material adsorvente.

METODOLOGIA

O presente estudo, assenta-se numa pesquisa com carácter experimental, que perspectivou o desenvolvimento de ensaios de tratabilidade de efluentes de uma indústria de óleo de coco. Trata-se por conseguinte, de um estudo de caso em escala de bancada. Neste sentido, o mesmo visava tratar os efluentes utilizando uma adsorção *in natura*, no caso as fibras de coco. O procedimento de amostragem foi definido em função das etapas de realização dos ensaios.

Coleta do efluente

O efluente bruto foi coletado em uma indústria dedicada ao processamento de coco localizada na Província de Inhambane, Distrito de Morrumbene. O efluente foi armazenado em um recipiente de PVC de 5L e mantido refrigerado até posterior utilização nas análises, bem como nas experiências de adsorção.

Caracterização do efluente

Os parâmetros analisados antes e depois do tratamento são: pH, Temperatura, Turbidez, DQO, DBO₅, Sólidos suspensos totais (SST), Sólidos dissolvidos (TDS), Cloretos, Amónia e Fósforo total, conforme indica a Tabela 1, seguinte:

Todas análises foram realizadas de acordo com as metodologias do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Tabela 1: Parâmetros analisados no efluente.
Table 1: Parameters analyzed in the effluent.

Variável	Unidade	Método de análise	Instrumento & Modelo
Ph	---	Potenciométrico	PHS-10 Acidity Meter
Temperatura	°C	Electrométrico	Termómetro EC500
Turbidez	NTU	Nefelométrico	Turbidímetro HANNA HI93414
Cloretos	mg.l ⁻¹	Mohr	Agitador magnético Gallenhamp
DQO	mg.l ⁻¹	Colorimétrico	ORION Thermoreactor COD165
DBO ₅	mg.l ⁻¹	Electroquímico	Oxímetro WTW Oxi91
SST	mg.l ⁻¹	Secagem a 105°C	Estufa de secagem SP-100-A

TDS	mg.l ⁻¹	Electrometria	HydroLite HT-102
Fósforo total	mg.l ⁻¹	Colorimétrico	Espectrofotómetro UV-Vis v1100
Amónia	mg.l ⁻¹	Nessler	Espectrofotómetro UV-Vis v1100

Fonte: Autores (2023).

Preparação da fibra de coco

A fibra de coco foi colectada na Vila de Morrumbene, em saco plástico e, transportada para o pré-tratamento. Após a colecta, foi realizada a separação das fibras na região do mesocarpo, e elas foram lavadas com água quente e fria e por fim, após três dias, foi fervida por um tempo médio de 30 minutos para reduzir a concentração do tanino e sais minerais. Após a lavagem, as fibras de coco foram secadas com o intuito de padronizar e otimizar o estudo.

Ensaio de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em escala de bancada e objectivaram a determinação da melhor dosagem da fibra de coco e melhor granulometria, alcançando deste modo, a optimização dos parâmetros de tratabilidade para o efluente em estudo.

Primeiro foi testada a influência da granulometria, tendo sido utilizados 300 mg de graus pequenos, médios e grandes. Foi realizado o teste de turbidez para identificar a granulometria ideal. Conhecido tamanho granulométrico ideal, foi realizada a experiência de adsorção variando a dosagem da fibra de coco sendo 100mg, 200mg, 300mg, 400mg e 500mg em um tempo de contacto de 40 minutos.

Finda a realização das experiências, 500ml de cada teste de tratabilidade foram utilizados para a caracterização físico-química, no Laboratório do Instituto Superior Politécnico de Gaza (ISPG), o que permitiu comparar os resultados experimentais com os padrões de descarte legislados.

Tratamento dos dados

Os dados mereceram um tratamento estatístico que consistiu na determinação da média (equação 1), desvio padrão (Equação 2), Margem de erro a um nível de confiança de 95% (Equação 3), Índice de tratabilidade (Equação 4) e Capacidade de adsorção (Equação 5).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

$$E = t_c \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$IT(\%) = \frac{(Efluente\ Bruto - Efluente\ Tratado)}{Efluente\ Bruto} \times 100\% \quad (4)$$

$$q = \frac{(C_0 - C_f)V}{m} \quad (5)$$

A aprovação dos resultados de tratabilidade foi tomada como referência os padrões estabelecidos no Decreto nº 18/2004 de 2 de Junho.

RESULTADOS

Características físico-químicas do Efluente Bruto

Os resultados das análises de caracterização físico-química do efluente bruto da indústria de óleo de coco estão representados na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização físico-química do efluente bruto.
Table 2: Physicochemical characterization of raw effluent.

Variáveis	Unidade	Valores	Limite de descarte
pH	---	2.65**	6 – 9
Turbidez	NTU	1250.7**	100 NTU
Temperatura	°C	21.6	40°C
DQO	mg.L ⁻¹	8.19	250
DBO ₅	mg.L ⁻¹	2.8	50
SST	mg.L ⁻¹	1000**	50
TDS	mg.L ⁻¹	4506**	1000
Cloretos	mg.L ⁻¹	2074.36**	250
Fósforo total	mg.L ⁻¹	0.097	1.0
Amónia	mg.L ⁻¹	0.302	5.0

Os valores com duplo asterisco (**) estão fora do limite de descarte legislado.

Fonte: Autores (2023).

Conforme se pode observar na Tabela 2, pode se observar que o efluente bruto da indústria de óleo de coco possui características ácidas (pH 2.65), com uma elevada turvação (1250,7 NTU), elevada concentração de Sólidos Suspensos Totais (1000mg.L⁻¹), elevada concentração de Sólidos Dissolvidos Totais (4506 mg.L⁻¹) e nível de Cloretos (2074,36 mg.L⁻¹) muito acima do limite máximo prescrito no regulamento sobre emissão de efluentes industriais.

O efluente gerado pela indústria de óleo de coco apresentou características ácidas. Estes valores são derivados dos ácidos orgânicos existentes no coco, como refere Crespilho *et al.* (2004), os efluentes gerados no processamento de coco são caracteristicamente ácidos devido a presença de ácidos orgânicos no coco. Estes níveis do pH podem influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, para além do efluente apresentar potencial de corrosão e agressividade nas tubulações e peças de águas de abastecimento. Contudo, percebe-se que a necessidade de correcção do pH neste efluente.

O efluente bruto assim como o efluente tratado apresentaram valores de Temperatura, DQO, DBO, Fósforo total e Amónia dentro dos padrões estabelecidos pelo Decreto nº 18/2004 de 2 de Junho, não representando nenhum risco de contaminação.

Quanto a presença de cloretos e sólidos dissolvidos, o efluente bruto apresentou elevadas concentrações e como refere Von Sperling (2007), concentrações elevadas de cloretos em efluentes podem representar o risco do aumento da velocidade de corrosão dos materiais metálicos instalados nos sistemas de abastecimento. De acordo com este autor, águas residuárias da lavagem de pó da casca de coco são caracterizadas por possuírem níveis elevados de cloretos. Os TDS em níveis elevados podem também levar à formação de calcário e corrosão em qualquer aplicação, mas especialmente em caldeiras e água de refrigeração.

No que refere aos sólidos suspensos, como refere Silva (2010), elevadas concentrações deste contaminante colaboram para o assoreamento do corpo receptor, diminui a incidência de luz dificultando principalmente o processo de fotossíntese de algas, facilitando os processos anaeróbios e de geração de gases e odores desagradáveis.

É importante referir que os SST em níveis elevados podem afectar a turvação, aumentar as temperaturas da água e diminuir os níveis de oxigénio dissolvido fazendo com que a água aqueça mais rapidamente porque as partículas suspensas absorvem mais calor e diminuem o oxigénio, o que pode afectar negativamente a vida aquática.

O efluente bruto apresentava elevados níveis de turbidez (1250,7 NTU), valor que pode estar relacionado à presença de sólidos em suspensão. Como refere Melo *et al.* (2013), o descarte de efluente com estas características pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas.

Contudo, percebe-se a necessidade de tratamento adequado deste efluente antes do seu descarte ao ambiente.

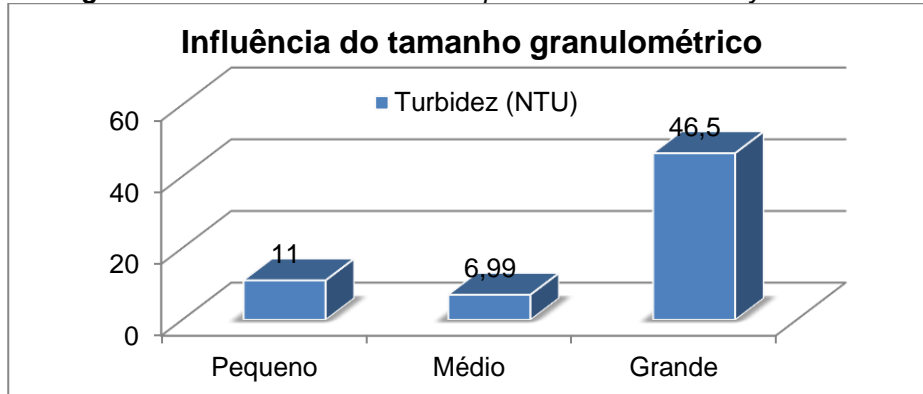
Teste de tratabilidade alternativa

Como meio alternativo para a redução dos impactos ambientais que possam advir do descarte do efluente bruto sem tratamento, foram realizados ensaios de tratabilidade por adsorção utilizando fibra de coco como material bioadsorvente. Este ensaio consistiu no teste da influência do tamanho granulométrico da fibra de coco e da concentração da fibra de coco. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

Analisando os resultados da Figura 2, observa-se que a fibra de coco com tamanho médio apresentou menor turbidez (6,99 UTN).

Figura 1: Influência do tamanho granulométrica da fibra de coco na redução da turbidez.

Figure 2: Influence of coconut fiber particle size on turbidity reduction.



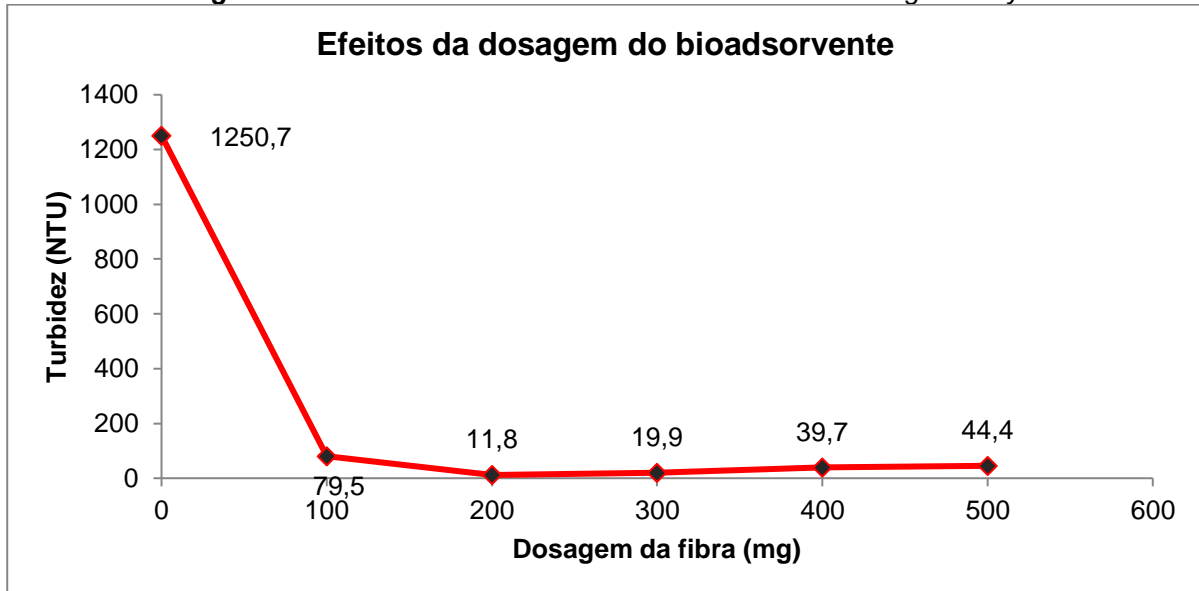
Fonte: Autores (2023).

A fibra de tamanho médio foi usada como bioadsorvente para os ensaios posteriores.

Conforme a Figura 3 seguinte, pode se observar que a menor turbidez (11,8 NTU) foi obtida para 200mg de fibra de coco.

Figura 2: Influência da concentração da fibra de coco na redução da turvação.

Figure 3: Influence of coconut fiber concentration on reducing turbidity.

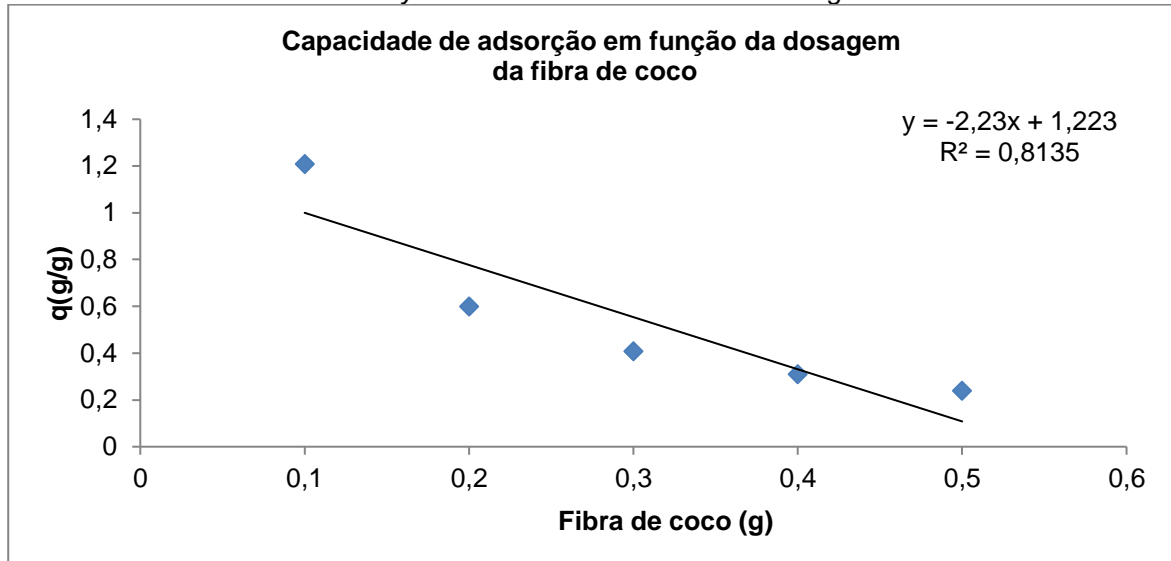


Fonte: Autores (2023).

De acordo com a Figura 4 seguinte, a capacidade de adsorção apresentou uma correlação negativa com a dosagem da fibra de coco, sendo que 81,3% da variabilidade da capacidade de adsorção da turbidez (q) é explicada pela variação da massa do adsorvente e apenas 18,7% da variabilidade de q pode ser explicada por outros factores como o pH, o tempo de contacto e a concentração do adsorvato.

Figura 3: Diagrama de dispersão e Recta de Regressão Linear que mostra a tendência da capacidade de adsorção (q) da turbidez em função da dosagem da fibra de coco.

Figure 4: Scatter diagram and Linear Regression Line Showing the trend of adsorption capacity (q) of turbidity as a function of coconut fiber dosage.



Fonte: Autores (2023).

A Tabela 3 apresenta os resultados comparativos do efluente bruto e os dados do efluente tratado com as condições ideais do adsorvente associado com o sistema adsortivo.

Tabela 3: Comparação do efluente bruto com o efluente tratado.

Table 3: Comparison of raw effluent with treated effluent.

Parâmetro	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Tratado	IT (%)	Legislação		Aprovação
					Min.	Máx.	
pH	---	2.65	5.11 ± 0.37	NA	6.0	9.0	Não
Temperatura	°C	21.6	21.83 ± 0.44	NA	--	35	Sim
Turbidez	NTU	1250.7	32.47 ± 20.72	97.4	---	100.0	Sim
DQO	mg.L ⁻¹	8.19	1.37 ± 1.40	83.3	---	250	Sim
Cloretos	mg.L ⁻¹	2074.36	357.58 ± 56.52	82.8	---	250	Não
Fósforo total	mg.L ⁻¹	0.097	0.035 ± 0.026	63.9	---	0.186	Sim
Amónia	mg.L ⁻¹	0.302	0.180 ± 0.068	40.4	---	5.0	Sim
DBO ₅	mg.L ⁻¹	4.16	0.33 ± 0.31	92.1	---	50	Sim
SST	mg.L ⁻¹	1000	48.82 ± 17.31	95.1	---	50	Sim
TDS	mg.L ⁻¹	4506	2859 ± 7.23	36.6	---	1000	Não

NA – Não aplicável; IT – índice de tratabilidade que expressa a eficiência da tecnologia adoptada.

Fonte: Autores (2023).

Após as experiências de adsorção o efluente continuou com características ácidas. Resultados similares foram registados por Queiroz *et al.* (2023) ao testar a eficiência de resíduos lignocelulósicos no tratamento de efluentes por meio de adsorção.

O efluente tratado continuou com valores de Temperatura, DQO, Fósforo total e Amónia dentro dos padrões estabelecidos pelo Decreto nº 18/2004 de 2 de Junho, não representando nenhum risco de contaminação.

Quanto a presença de cloretos, o efluente tratado continua apresentando altos valores da concentração, sendo em média de 382,08 mg.L⁻¹. Foi possível reduzir em média 81,6 % de cloretos embora, estes valores ainda se encontram acima do legislado (250mg/l no máximo). A tecnologia de tratamento da água para a remoção de cloretos usualmente usada é por troca iónica ou por tecnologias de membranas, como por exemplo por osmose inversa.

Com os testes de tratabilidade foi possível reduzir a turbidez até um valor médio de 32,47 NTU, correspondente a 97,4%. Com este resultado, foi possível adequar a turbidez, tendo em observação o limite legislado (100 NTU).

Portanto, os resultados dos testes de tratabilidade revelam que a fibra de coco pode ser usada como bioadsorvente para tratabilidade de efluentes da indústria de óleo de coco, tendo alcançado em média 97,4% de redução da turbidez, 83,3% de redução da DQO, 81,6% de redução de cloretos, 63,9% de redução de Fósforo total e 40,4% de redução da Amónia. Foi possível adequar os padrões da turbidez e melhorar ainda mais as concentrações de DQO, Fósforo total e Amónia no efluente, reduzindo os riscos de contaminação ambiental que possam advir do seu descarte.

Estes resultados podem ser comparados aos resultados obtidos por Leite e Gomes (2021), no seu estudo sobre a tratabilidade de efluentes da indústria de coco utilizando processos Fenton e Electroquímico nos quais obteve uma redução de 99% e 88% de Turbidez e DQO, respectivamente, para a Reacção Fenton e 93% e 75% para a Turbidez e DQO, respectivamente no processo electroquímico.

No que diz respeito a sustentabilidade agroindustrial, o aspecto fulcral é garantir a compatibilização da produtividade com a conservação do meio ambiente, dando primazia à busca pela eficiência industrial. Tal eficiência não pode ser vista apenas na vertente “maior produtividade” mas também no monitoramento dos possíveis danos ambientais, o que exige a adopção de processos que geram menos poluição ambiental.

Baseado nos resultados desta pesquisa é evidente que a indústria de óleo de coco, durante o seu processo produtivo gera efluentes cujas características indicam a possibilidade de contaminação do corpo receptor, caso descartados sem o devido tratamento.

Assim, o tratamento de efluentes deve constituir o maior desafio de qualquer indústria, devendo optar pela redução de perdas nos processos, redução de vazamentos através da optimização e manutenção dos seus equipamentos, redução do consumo de água e redução do descarregamento na rede colectora.

Contudo, os ensaios de tratabilidade em escala de bancada mostraram a possibilidade de tratabilidade de efluentes por adsorção utilizando fibra de coco como adsorvente. Pode-se recomendar o aproveitamento da fibra de coco como leito filtrante em sistemas de filtração de efluentes industriais, em escala real, podendo contribuir para uma produção que não compromete a qualidade ambiental.

CONCLUSÃO

O efluente da indústria de coco mostrou-se como uma boa matriz para o estudo de tratabilidade devido as suas características ácidas. Tomando como referência os limites de descarte legislados, este efluente apresentou elevada turvação, elevada concentração de Sólidos (suspensos e dissolvidos totais), alto teor de Cloretos, baixas concentrações de DQO, DBO, Amônia e Fósforo total, bem como ótimas condições de temperatura.

Com estas características, o descarte, sem tratamento adequado, do efluente da indústria de óleo de coco pode comprometer a qualidade ambiental através da contaminação do corpo receptor dado que o efluente apresentou potencialidades de corrosão, com possibilidade de favorecer a formação de calcário e corrosão em qualquer aplicação, para além de favorecer o assoreamento no corpo receptor (no caso de um rio), diminuindo a incidência de luz, facilitando os processos anaeróbios e de geração de gases e odores desagradáveis.

O estudo mostra que a fibra de coco *in natura* foi eficaz ao ser usada como bioadsorvente para os ensaios de tratabilidade de efluentes da indústria de óleo de coco e seu índice de tratabilidade variou em cada variável analisada, sendo que os percentuais mínimos de tratabilidade foram observados na remoção da amônia e matéria orgânica enquanto, os percentuais máximos foram registados na remoção da turbidez e DQO.

Assim, foi possível adequar os padrões da turbidez e melhorar ainda mais a DQO, Amônia e Fósforo total no efluente, reduzindo os riscos de contaminação ambiental que possam advir do seu descarte. Este tratamento foi também capaz de melhorar o pH e cloretos, entretanto, não foi possível adequar estes parâmetros aos padrões de aceitação legislados, necessitando de tratamentos avançados.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: American Public Health Association. 20. ed. 1998.

CALLADO, M. B; CALLADO, N. H. Reaproveitamento e reuso de residuos gerados numa Indústria de Processamento de Coco em Meio Urbano. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 23, 2019, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: Paraná, 2019.

CRISPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M.O.O. Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. **Quim. Nova**, São Carlos - SP, v. 27, n. 3, p. 387-392, 2004.

LEITE, M. M. F.; GOMES, V. L. A. Aplicação do pó da casca de coco verde na remoção de contaminantes da água produzida: um estudo de caso. **Ciencias exatas e tecnológicas**. Alagoas, v. 7, n.1, p. 169 – 183, 2021.

MELO, D. Q.; NETO, V.O.S.; OLIVEIRA, J.T.; BARROS, A.L. Adsorption Equilibria of Cu²⁺, Zn²⁺, and Cd²⁺ on EDTA-Functionalized Silica Spheres. **Journal of chemical engineering data**, v. 58, n. 3, p. 798-806, 2013.

QUEIROZ, M. S.; SALA, L. P.; DA SILVA, I. C.; FARIAS, C. T. T.; CAVALCANTI, L. A. P. Avaliação do Tratamento de Efluentes por Adsorção em Materiais Lignocelulósicos. **Revista Foco**, v. 16, n. 4, p. e1657, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n4-065. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/1657>. Acesso em: 9 jan. 2024.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Regulamento sobre qualidade ambiental e emissão de efluentes.** Decreto nº 18/2004 de 2 de Junho, Maputo, 2004.

SILVA, M. C. A. **Avaliação da utilização de colifacos como indicadores virais a partir da análise de enterovírus e adenovírus em efluentes tratados por diferentes processos biológicos.** 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG). v.7, 588 p. 2007.