



AVALIAÇÃO DA TRATABILIDADE ALTERNATIVA DE EFLUENTES AQUOSOS DA INDÚSTRIA DE ÓLEO DE COCO

Daniel Pedro Mazive, Mestrando em Agroquímica e Ambiente na Universidade Save,
mdanielpedro@gmail.com

Resumo

Algumas indústrias alimentares, em virtude dos seus processos produtivos, geram, efluentes que quando descartados sem tratamento podem poluir e/ou contaminar os corpos receptores, o que levanta a necessidade de estudar novas tecnologias, visando a minimização deste problema ambiental. A 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. O estudo foi baseado no método experimental, em escala de bancada. Tendo em conta os ensaios de tratabilidade foram analisados os parâmetros pH, Temperatura, Turbidez, DQO, DBO₅, Cloretos, Amónia, SST, TDS e Fósforo Total, tanto para o efluente bruto, bem como para o tratamento. 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%, 83,3%, 82,8%, 63,9%, 92,1%, 95,1%, 40,4% e 36,3% de redução da turbidez, DQO, cloretos, P_{Total}, DBO, Amónia, SST e TDS, respectivamente. Foi possível adequar os padrões da turbidez, bem como dos SST, reduzindo os riscos de contaminação ambiental que possam advir do seu descarte. Os níveis de pH, cloretos e TDS permaneceram fora dos padrões de emissão legislados.

Palavras-chave: Fibra de coco, Tratabilidade, Efluentes.

1. 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, conseqüentemente, 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.

2. Fundamentação teórica

2.1. Fibra de coco como material bioadsorvente: Estado de arte

A facilidade de tratabilidade foi observada para efluentes contaminados por fármacos onde foi possível remover totalmente a toxicidade (Moro, 2016). Apesar da eficiência destacada, Queiroz, M. S. (2022) apresenta um percentual de remoção de apenas 57,98% do corante Azul-de-metileno, o mesmo que Ferreira I. F. et al (2019) conseguiu remover 99%. É importante referir que a dificuldade na tratabilidade varia consoante as características do efluente, a dosagem do adsorvente aplicada, dos tratamentos utilizados, da granulometria, a temperatura, entre outros factores.

De acordo com Lacerda (2017), pesquisas relacionadas à utilização do mesocarpo do coco verde como bioadsorvente na remoção de corantes de efluentes têxteis, demonstraram,



que essa biomassa é capaz de remover em torno de 88% de corante com uma concentração de 70mg/L, em 120 minutos.

Em geral, efluentes contaminados por corantes apresentaram maior tratabilidade utilizando-se fibras *in natura* (sem tratamento químico).

Quanto a tratabilidade de metais presentes em efluentes, Da Silva, et al (2013) testaram a eficiência das fibras de coco na remoção de Alumínio, Bário, Ferro e Manganês. O pó de fibra da casca de coco verde (*Cocos nucifera*) mostrou-se eficaz no tratamento de efluentes contendo Ferro e Alumínio, devido a suas propriedades obtidas pela caracterização físico-química (Da Silva, et al., 2013).

Nascimento (2021) avaliou a eficiência de bioadsorventes de fibra de coco na remoção do metal de cobre em efluentes. De acordo com este autor, a fibra de coco apresenta características que apontam como um potencial bioadsorvente, como alto teor de carbono, presença de lignina e resistência mecânica, além de oferecer facilidade natural de ser encontrado. Obteve-se um ajuste de 98% com uma média geral de 77% de remoção de cobre. Amostras submetidas em meio alcalino apresentaram maior remoção em relação a amostras submetidas em meio ácido, sendo 80,17% e 73,78%, respectivamente, destacando a influência do pH.

Um estudo muito interessante realizado por Pimentel (2018), transformou o mesocarpo do coco em carvão activado e posteriormente aplicou-o no tratamento de efluentes, tendo conseguido remover 97,44% de Cromo VI. Este estudo mostra que para além da aplicabilidade da fibra *in natura*, esta matéria-prima pode ser convertida em carvão activado e melhorar a eficiência no tratamento.

3. 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.

3.1. Colecta do efluente

O efluente bruto foi colectado 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.

3.2. 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. O pH foi medido pelo método potenciométrico utilizando pHmetro “*PHS-10 Acidity Meter*”. A turbidez foi medida pelo método Nefelométrico, utilizando um turbidímetro, modelo “*HANNA HI93414*”. A Demanda Química de Oxigénio (DQO) foi medida pelo método colorimétrico, utilizando o medidor de DQO *ORION Thermorector – COD165*. O Fósforo Total foi medido pelo método colorimétrico, utilizando o Espectrofotómetro UV-Vis v1100, 350 – 1020 nm. A amónia foi medida pelo método Nessler. A titulação para a medição de Cloretos foi feita com base no método Mohr. A Demanda Bioquímica de Oxigénio foi medida pelo método Electroquímico. A quantificação dos sólidos suspensos foi baseada na secagem a 105 °C e os sólidos dissolvidos foram medidos pelo método electrométrico. Todas análises foram realizadas de acordo com as metodologias do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

3.3. 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. A Figura 1 seguinte ilustra as etapas de preparação da fibra de coco.



Figura 1: Etapas da preparação da fibra de coco.

A massa da fibra foi medida antes e depois da secagem, o que permitiu a determinação da humidade, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Humidade da fibra de coco

Massa da fibra de coco		Humidade
Antes da secagem 320 gramas	Após a secagem 151 gramas	52,8%

3.4. 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.

3.5. 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).

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

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

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

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

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

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



4. Resultados

4.1. Produção e refinação de óleo de coco

Todo processo industrial gera quantidades elevadas de resíduos e efluentes cujas características dependem da matéria-prima utilizada, bem como dos processos de produção envolvidos, o que sustenta a necessidade de classificação, caracterização e tratamento adequado.

O processo de produção e refinação de óleo de coco inicia com a desfibragem que consiste na retirada da fibra de coco. Nesta etapa os resíduos gerados são os restos de fibras do coco e água de coco dos frutos que eventualmente quebram no descarregamento.

De seguida, a extracção da água de coco onde os frutos são furados e retirada a água de coco que é descartada. Nesta segunda etapa gera-se restos de fibra e água de coco.

Após a retirada da água os frutos são submetidos em um aquecimento em vapor de forma a facilitar o deslocamento do albúmen do mesocarpo. Nesta etapa os resíduos gerados são restos da fibra de coco.

Após o aquecimento, os cocos são encaminhados para o corte, realizado por meio de serras eléctricas, que os dividem em duas metades. Os cocos partidos ao meio, passam então por um processo de selecção, o que permite descartar o coco que não estiver em óptimas condições. Os cocos seleccionados passam pelo despulpamento que consiste na remoção do albúmen do endocarpo. Nestes processos os resíduos gerados são o coco podre, quengos do coco e águas de lavagem. Os quengos são aproveitados para alimentar as caldeiras que permitem o branqueamento a vapor. Depois de lavadas, as polpas seleccionadas passam pela retirada da película (tegumento seminal).

Uma vez removidas as películas, a polpa é lavada e de seguida, passada para o branqueador a vapor para a remoção de bactérias. Neste processo o efluente gerado são as águas de lavagem.



De seguida, é direccionado para o triturador (moagem), obtendo-se o coco ralado que de seguida é submetido a uma temperatura de 75° C em estufa, para a secagem. Neste processo faz-se o monitoramento da humidade devendo se encontrar na faixa de 2,2% a 2,5% de humidade.

Durante este processo pode ocorrer a perda de coco ralado nas câmaras de secagem constituindo-se em resíduos sólidos particulados e vapores. Após a secagem o coco é transferido para a máquina de classificação onde é separado em quatro grãos diferentes, sendo o coco de maior granulometria utilizado para a extracção do óleo e o coco de menor granulometria é empacotado para a comercialização.

De seguida, extrai filtrado. Nestes -se o óleo por prensagem, obtendo-se o óleo não filtrado. Obtido o óleo, a última etapa é da filtração de modo a obter o óleo de coco processos gera-se o bagaço de coco e óleo de coco derramado. O produto final é empacotado em embalagens de 1000 litros.

4.2. 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

Parâmetro	Unidade	Valores
pH	---	2.65**
Turbidez	NTU	1250.7**
Temperatura	°C	21.6
DQO	mg.L ⁻¹	8.19
DBO ₅	mg.L ⁻¹	4.16
Cloretos	mg.L ⁻¹	2074.36**
Fósforo total	mg.L ⁻¹	0.097



Amónia	mg.L ⁻¹	0.302
SST	mg.L	1000**
TDS	mg.L	4506**

Os valores com duplo asterisco (**) estão fora do limite estabelecido pelo Decreto nº 18/2004 de 2 de Junho, necessitando de um tratamento para a minimização do impacto ambiental do descarte deste efluente.

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

4.3. 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).

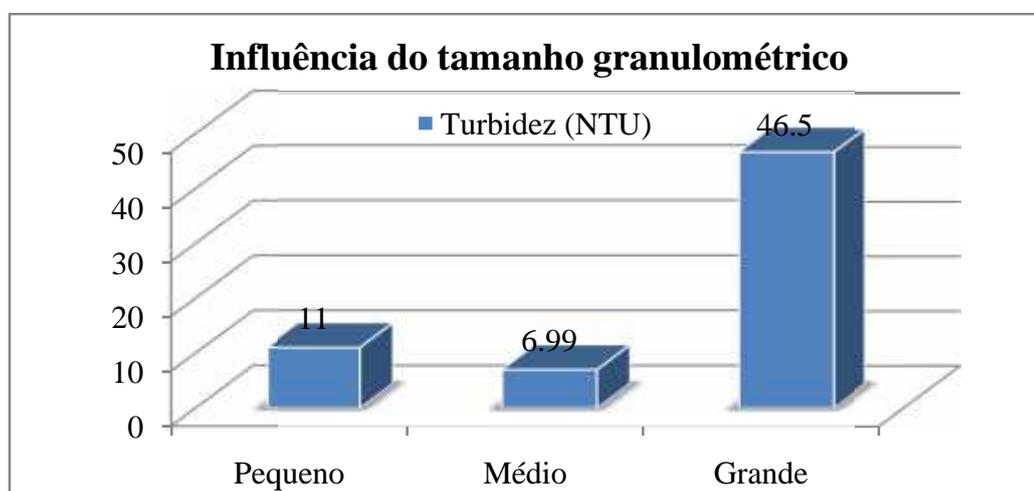




Figura 2: Influência do tamanho granulométrica da fibra de coco na redução da turbidez

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.

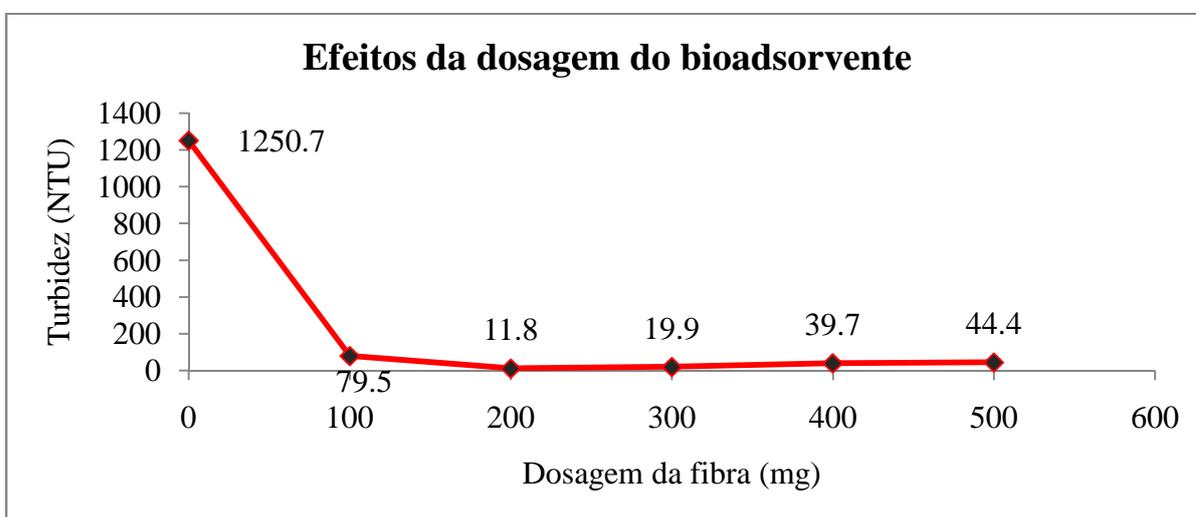


Figura 3: Influência da concentração da fibra de coco na redução da turvação

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.

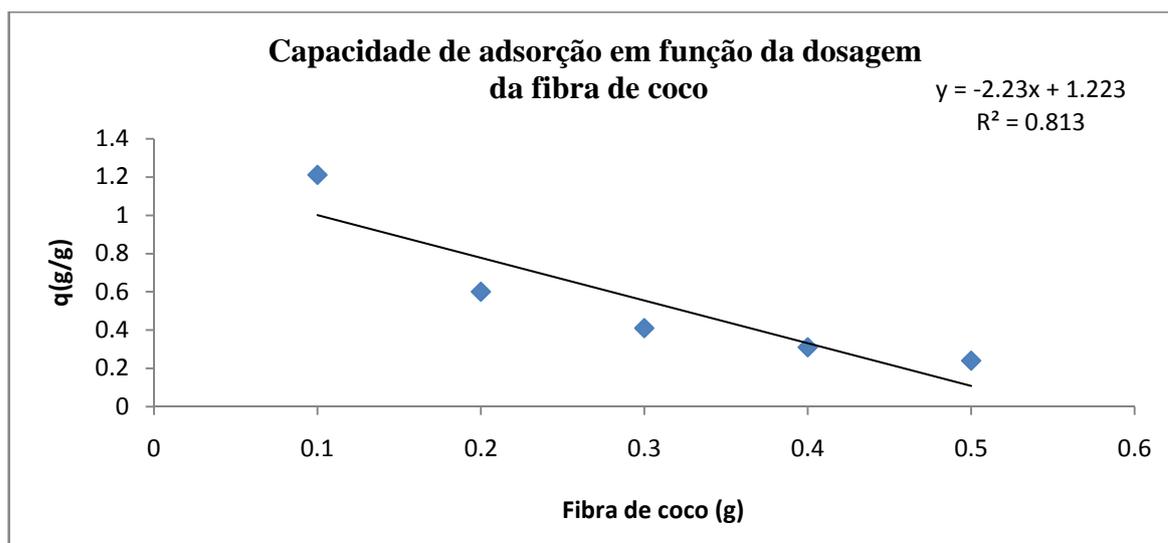


Figura 4: Diagrama de dispersão e Recta de Regressão Linear que mostra a tendência da capacidade de adsorção (q) da turbidez em função da dosagem da fibra de coco

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 adsorativo.

Tabela 3: Comparação do efluente bruto com o efluente tratado

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.

O efluente gerado pela indústria de óleo de coco apresentou características ácidas, com pH 2,65. 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.

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 bruto assim como o efluente tratado apresentaram valores de Temperatura, Demanda Química pelo Oxigénio (DQO), Fósforo total (P_{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, tanto o efluente bruto bem como o efluente tratado apresentaram altos teores da concentração, sendo 2074,36 mg.L⁻¹ e uma média de 357,58 mg.L⁻¹, respectivamente. Foi possível reduzir em média 82,8 % de cloretos embora, estes valores ainda se encontram acima do legislado (250mg/l no máximo). Como refere Von Sperling, et al., (2014), 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. Assim, percebe-se a necessidade do estudo de tecnologias específicas para a remoção de cloretos.

Portanto, os resultados preliminares 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, 82,8% de redução de cloretos, 63,9% de redução de P_{Total} , 40,4% de redução da Amónia e uma redução de 46,5% de Matéria Orgânica. Foi possível adequar os padrões da turbidez, bem como da Matéria Orgânica e melhorar ainda mais as concentrações de DQO, P_{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 & 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 Reação Fenton e 93% e 75% para a Turbidez e DQO, respectivamente no processo electroquímico.

5. Conclusões

O efluente da indústria de coco mostrou-se como uma boa matriz para o estudo de tratabilidade devido ao baixo pH, elevada turvação, elevada concentração de cloretos e matéria orgânica.

Os ensaios demonstraram a possibilidade de tratabilidade de efluentes embora, alguns destes valores estejam ainda fora dos limites estabelecidos no Decreto n° 18/2004, sobre a emissão de efluentes industriais em Moçambique, o que demonstra a necessidade de melhorar os ensaios de tratabilidade agregando outras tecnologias com vista a aumentar a eficiência de tratabilidade.



6. Referências bibliográficas

- [1] Callado, M. B & Callado, N. H. (2019). *Reaproveitamento e Reuso de Resíduos Gerados numa Indústria de Processamento de Coco em Meio Urbano*. XXIII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, Iguaçu;
- [2] Crespilho, F. N. et al., (2004). *Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação*. Quim. Nova, São Carlos - SP, Vol. 27, No. 3, 387-392,
- [3] Da Silva, et al. (2013). *Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas*. ENGEVISTA, V. 15, n. 1. p. 43-50,
- [4] Ferreira I. F. et al (2019). *Remoção do corante azul de metileno por adsorção em bagaço de coco (cocos nucifera l.)* Ciências exatas e tecnológicas, Alagoas , v. 5 , n.2 , p. 339-348
- [5] Lette, M. M. F & Gomes, V. L. A (2021). *Aplicação do pó da casca de coco verde na remoção de contaminantes da água produzida: um estudo de caso*. Ciências exatas e tecnológicas. Alagoas, v. 7, n.1 p. 169 – 183.
- [6] Moro, Tatiana Rojo (2016). *Remoção de fármacos da água por fibras naturais*. Universidade Positivo: Dissertação de Mestrado, CURITIBA
- [7] Nascimento, R. S. (2021). *Avaliação da eficiência de bioadsorventes de fibra de coco na remoção do metal de cobre em efluentes*. Universidade Federal do Maranhão: TCC, São Luis,
- [8] Pimentel, Ricardo Lucas Gomes (2018). *Adsorção de cromo VI utilizando carvão ativado produzido do mesocarpo do coco verde*. TCC - Universidade Federal da Paraíba, JOÃO PESSOA - PB.



- [9] Queiroz, M. S. (2022). *Avaliação do tratamento de efluentes por adsorção em materiais lignocelulósicos*. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Da Bahia Campus De Salvador: TCC, Salvador,
- [10] VonSperling, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental; UFMG, 2005.