A young woman with dark hair, wearing a white lab coat with blue trim, is looking through a black and white compound microscope. She is smiling slightly. The background is a warm orange color with a faint network of orange lines and dots. The text is in white on the right side.

Atividades de Pesquisa em Biotecnologia e Nanociências

Benedito Rodrigues da Silva Neto
(Organizador)

Benedito Rodrigues da Silva Neto
(Organizador)

Atividades de Pesquisa em Biotecnologia e Nanociências

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A872	Atividades de pesquisa em biotecnologia e nanociências [recurso eletrônico] / Organizador Benedito Rodrigues da Silva Neto. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-435-1 DOI 10.22533/at.ed.351192506 1. Biotecnologia. 2. Nanotecnologia. I. Silva Neto, Benedito Rodrigues da. CDD 553.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Quando utilizamos o termo Biotecnologia estamos mencionando um conceito na verdade muito antigo, porém extremamente atual e futurista. A muito tempo a humanidade se utiliza dos processos biotecnológicos para a obtenção de novos produtos, todavia o avanço da tecnologia em todos os seus aspectos tem oferecido estratégias e ferramentas altamente eficientes para maximizar a obtenção desses produtos essenciais para a subsistência do homem.

A revolução tecnológica contribuiu grandemente com a evolução no campo da pesquisa básica e aplicada e as descobertas propiciadas por tecnologias mais apuradas possibilitaram um entendimento mais profundo dos mecanismos moleculares gerando cada vez mais novas perspectivas.

Tudo isso culminou em investimentos públicos e privados, favorecendo o desenvolvimento principalmente de regiões onde a tecnologia é priorizada. Todavia outras regiões também tem crescido e avançado à medida que investem esforços em patentes, aplicações comerciais e prestação de serviços especializados. Assim, destacamos a importância desta literatura aqui publicada, haja vista a diversidade de capítulos que abordam temas e conceitos atuais das nanociências aplicadas.

São diversas as possibilidades de aplicações biotecnológicas em diversos campos, neste livro tentaremos otimizar os conceitos biotecnológicos e das nanociências abordando potencialidades de aplicação da biotecnologia no campo da saúde, nutrição, farmacologia, toxicologia e biologia molecular que têm atraído o interesse de pesquisadores, da indústria, investidores privados e empreendedores e muitos outros visionários.

Nosso profundo desejo é que esta obra seja o “ponta-pé” inicial para que outros livros nessa mesma perspectiva possam ser elaborados pela comunidade científica do nosso país. Parabenizamos cada autor pela teoria bem fundamentada aliada à resultados promissores, e principalmente à Atena Editora por permitir que o conhecimento seja difundido e disponibilizado para que acadêmicos e docentes tenham em mãos material fundamentado nessa área tão promissora.

Benedito Rodrigues da Silva Neto

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO SENSORIAL E MICROBIOLÓGICA NA PRODUÇÃO DE GELEIA TIPO EXTRA DE MANGA COM CRAVO-DA-ÍNDIA	
Raul Felipe de Queiroz Freitas	
Dauany de Sousa Oliveira	
João Paulo do Rêgo Bezerra Travassos	
Pedro Victor Crescêncio de Freitas	
Sinthya Kelly Queiroz Moraes	
Jonnathan Silva Nunes	
Maria Eduarda Dantas Cândido	
Maria Mikalele da Silva Fernandes	
Alfredina dos Santos Araújo	
Maíra Felinto Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.3511925061	
CAPÍTULO 2	11
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE SORVETE DE MANGA A BASE DE KEFIR ELABORADO COM DIFERENTES TIPOS DE EDULCORANTES	
João Paulo do Rego Bezerra Travassos	
Wisla Kívia de Araújo Soares	
Larissa da Silva Santos Pinheiro	
Alfredina dos Santos Araújo	
Katiane Araújo do Bomfim	
Pedro Victor Crescêncio de Freitas	
Dauany de Sousa Oliveira	
Francisco Bruno Ferreira de Freitas	
Gloria Louine Vital da Costa	
Gleyson Batista de Oliveira	
Ranyelly Wellen Florentino de Oliveira	
Ayla Dayane Ferreira de Sá	
DOI 10.22533/at.ed.3511925062	
CAPÍTULO 3	20
COMO AS TÉCNICAS DE BIOLOGIA MOLECULAR AVANÇAM A PESQUISA SOBRE REGENERAÇÃO EM PLANÁRIAS?	
Reginaldo Ramos de Lima	
Benedito R. Da Silva Neto	
DOI 10.22533/at.ed.3511925063	
CAPÍTULO 4	26
ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DE CASCAS DO LIMÃO TAHITI	
Katia Davi Brito	
Emmanuel da Paixão Neto	
Antonio Jackson Ribeiro Barroso	
Flavia Cristina dos Santos Lima	
Henrique Bruno Lima de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3511925064	

CAPÍTULO 5	33
ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BARRA DE CEREAL ADICIONADA COM SEMENTE DE MORINGA (<i>Moringa oleífera Lam.</i>)	
Thamires Queiroga dos Santos Ana Paula Costa Câmara Maíra Felinto Lopes Hozana Maria de Figueiredo Silva Robson Rogério Pessoa Coelho Fabrício Alves de Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.3511925065	
CAPÍTULO 6	40
ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DO USO DE DIFERENTES ADOÇANTES SOBRE AS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE BOLOS TIPO ESPONJA	
Alba Valéria de Oliveira Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.3511925066	
CAPÍTULO 7	49
FARMACOGENÉTICA E CÂNCER DE MAMA: PESQUISA INTEGRATIVA	
Marília Silva Marques Benedito R. Da Silva Neto	
DOI 10.22533/at.ed.3511925067	
CAPÍTULO 8	63
INFLUÊNCIA DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NA DIFERENCIAÇÃO CELULAR <i>IN VITRO</i> DE EXPLANTES FOLIARES DE PEQUIZEIRO (<i>Caryocar brasiliense</i>)	
Bruno Henrique Gomes Ana Paula Caetano Procópio Mariane Rabelo Coelho Fernandes Maristela Mota Moraes Carolina de Souza Misawa Paula Guimarães Rabelo Mariana Gonçalves Mendes Ana Paula Oliveira Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.3511925068	
CAPÍTULO 9	73
INFLUÊNCIA DA SONICAÇÃO NO TAMANHO DE GOTÍCULA DE NANOEMULSÕES CONTENDO EXTRATO DE <i>Physalis Peruviana</i>	
Suelen Santos da Silva Maiara Taís Bazana Cristiane de Bona da Silva César Augusto Bizzi Cristiano Ragagnin de Menezes Cristiane Franco Codevilla	
DOI 10.22533/at.ed.3511925069	

CAPÍTULO 10	83
PRODUÇÃO DA ALGA <i>Scenedesmus subspicatus</i> UTILIZANDO EFLUENTE BRUTO DE ABATEDOURO DE AVES COMO MEIO ALTERNATIVO DE CULTIVO	
Elizabeth Venialgo Hotz da Silva Luis Fernando Souza Gomes Raquel Stroher Francieli Fernandes de Assis	
DOI 10.22533/at.ed.35119250610	
CAPÍTULO 11	86
NANOTUBOS DE CARBONO – UMA REVISÃO SOBRE PROPRIEDADES, APLICAÇÕES E ASPECTOS TOXICOLÓGICOS	
Carolina Alvarenga Turini Paula Cristina Batista de Faria	
DOI 10.22533/at.ed.35119250611	
CAPÍTULO 12	99
MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO MODIFICADA COM DIÓXIDO DE TITÂNIO PARA REMOÇÃO DE NITRATO PRESENTE EM SOLUÇÃO AQUOSA	
Eduarda Freitas Diogo Januário Taynara Basso Vidovix Natália de Camargo Lima Beluci Nicole Novelli do Nascimento Angélica Marquetotti Salcedo Vieira Rosângela Bergamasco	
DOI 10.22533/at.ed.35119250612	
SOBRE O ORGANIZADOR	115

MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO MODIFICADA COM DIÓXIDO DE TITÂNIO PARA REMOÇÃO DE NITRATO PRESENTE EM SOLUÇÃO AQUOSA

Eduarda Freitas Diogo Januário

Universidade Estadual de Maringá, Departamento
de Engenharia Química
Maringá – PR

Taynara Basso Vidovix

Universidade Estadual de Maringá, Departamento
de Engenharia Química
Maringá – PR

Natália de Camargo Lima Beluci

Universidade Estadual de Maringá, Departamento
de Engenharia Química
Maringá – PR

Nicole Novelli do Nascimento

Universidade Estadual de Maringá, Centro de
Ciências Agrária
Maringá - PR

Angélica Marquetotti Salcedo Vieira

Universidade Estadual de Maringá, Departamento
de Engenharia de Alimentos
Maringá – PR

Rosângela Bergamasco

Universidade Estadual de Maringá, Departamento
de Engenharia Química
Maringá – PR

RESUMO: Poluentes persistentes, como o nitrato (NO_3^-), estão cada vez mais presentes nos corpos hídricos devido, principalmente, a grande quantidade de descarte incorreto de efluentes industriais. Este composto químico

é o principal responsável pelo fenômeno denominado de eutrofização, que propicia a morte dos seres vivos presentes nos ambientes aquáticos. Além disso, a ingestão de nitrato, em altas concentrações, por seres humanos, pode desencadear câncer estomacal ou de esôfago. Já em bebês menores de seis meses, podem desenvolver a doença conhecida como síndrome do bebê azul. Os métodos convencionais de tratamento de água e efluentes, para retirada deste contaminante, não são satisfatórios, logo, técnicas avançadas estão sendo empregadas. Entre tais técnicas, se destaca os processos de separação por membranas (PSM), que apresentam diversas vantagens, como: alta eficiência, facilidade de operação e característica sustentável. Para aperfeiçoar suas propriedades, sugere-se a modificação de sua superfície, visando reduzir os efeitos de incrustação e melhorar a remoção do contaminante. Em função disso, o presente trabalho visou avaliar o uso de membrana de ultrafiltração (UF) de polietersulfona (PES) modificada com ácido sulfúrico (H_2SO_4) e dióxido de titânio (TiO_2) pelo método de imersão para remoção de nitrato, objetivando reduzir impactos ambientais e à saúde humana. Os resultados obtidos foram pouco satisfatórios, apenas 20% de remoção de nitrato foi alcançada. Contudo, o método de modificação, se aprimorado, pode ser mais eficaz na remoção deste poluente.

PALAVRAS-CHAVE: Membrana; Nitrato; Dióxido de titânio; Incrustação.

ULTRAFILTRATION MEMBRANE MODIFIED WITH TITANIUM DIOXIDE FOR REMOVAL OF NITRATE PRESENT IN AQUEOUS SOLUTION

ABSTRACT: Persistent pollutants such as nitrate (NO_3^-) have recently been found in our water products due mainly to the large amount of incorrect disposal of industrial effluents. This proposal is the main member of the document of eutrofization, that propitiates the death of the alive presents in the aquatic site. In addition, nitrate intake, in high doses, can be triggered by stomach or esophageal cancer. Have already been placed another six months, can develop a process known as blue baby syndrome. The conventional methods of treating water and effluents, for the removal of this contaminant, are not satisfactory, therefore, their information is being applied. These are the membrane separation processes (PSM), which have several advantages, such as: high efficiency, ease of operation and sustainable feature. To make its properties denser, an indicator of its surface is suggested, allowing to reduce the pollution and to improve the removal of the contaminant. As a result, the present work had the objective of using the ultrafiltration membrane (UF) of polyethersulfone (PES) modified with hydrogen sulphide (H_2SO_4) and titanium dioxide (TiO_2) by the immersion method for the removal of nitrogen, aiming oe to human health. The results obtained were unsatisfactory, only 20% of nitrate removal was followed. The modification method, if improved, may be more effective in removing this pollutant.

KEYWORDS: Membrane; Nitrate; Titanium dioxide; Fouling.

1 | INTRODUÇÃO

Os efluentes industriais podem impactar negativamente os meios aquáticos, por isso, as empresas devem se responsabilizar por seus efluentes gerados e buscar formas adequadas de tratá-los. De modo que, a escolha do método de tratamento utilizado seja compatível com o tipo de efluente e com a eficiência que se deseja (FREIRE et al., 2000).

Um dos elementos químicos encontrados em efluentes industriais é o nitrogênio, que pode estar disponível de várias formas, tais como nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, entre outros) e nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos). Suas principais fontes são chuva, material orgânico e inorgânico, como também a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio corpo hídrico (ESTEVES, 1998).

Em altas concentrações, o nitrogênio é responsável pelo fenômeno de eutrofização, o qual ocorre em ambientes aquáticos com pouca movimentação de água, como em lagos, promovendo o crescimento de plantas que reduzem o oxigênio

dissolvido para a transformação bioquímica, resultando assim na mortalidade dos seres vivos presentes (NAIME, 2015; VON SPERLLING, 1996).

O nitrato é a forma de nitrogênio mais encontrada nas águas contaminadas, devido principalmente às práticas agrícolas, como o uso de fertilizantes. Uma vez que estes apresentam em sua composição a amônia que, rapidamente, é transformada em amônio (NH_4^+) e, por conseguinte, se converte em nitrato, no processo de nitrificação, através de atividades microbianas (GARCIA et al., 2006). A lixiviação, ao decorrer do tempo, é responsável pelo aumento da concentração deste poluente em águas subterrâneas (RESENDE, 2002).

De acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a concentração máxima permitida de nitrato em água potável é de 44 mg.L^{-1} (BRASIL, 1986, 2001), sendo considerado prejudicial à saúde humana se ingerido em quantidades elevadas, podendo causar cânceres no estômago ou esôfago. Em crianças com menos de 6 meses de idade, a ingestão deste contaminante pode propiciar a doença conhecida como síndrome do bebê azul, na qual os sintomas principais são asfixia e regiões da pele azulada (ZUBLENA et al., 1990).

Existem métodos para remoção de nitrato considerados clássicos, como troca iônica, desnitrificação biológica e eletrodialise, entretanto, não são suficientemente bons para tratá-lo de forma efetiva, pois são considerados complexos e produzem grande volume de rejeitos. Dessa forma, tecnologias avançadas podem ser empregadas, entre elas a utilização de membranas se destaca em comparação aos métodos convencionais, em função de suas vantagens, como separação seletiva, facilidade do controle operacional, de fácil desenvolvimento e com menor ocupação de espaço. Os processos de filtração através de membranas apresentam-se como uma opção interessante, também porque propiciam uma menor geração de rejeitos, promovem melhor eficiência de remoção e possuem uma característica sustentável (BASILE et al., 2011; GARCIA et al., 2006; SONUNE; GHATE, 2004).

Em busca de melhorar as propriedades da membrana propõe-se a modificação da sua superfície, cuja finalidade é minimizar os efeitos de incrustação, além de outras interações indesejáveis, como adsorção e adesão, que são responsáveis pela redução da eficiência da membrana (SUSANTO; ULBRICHT, 2009). Além disso, permite que novos atributos sejam fornecidos a membrana, como resistência mecânica, química e morfológica (UPADHYAYA; QIAN; RANIL WICKRAMASINGHE, 2018).

A incrustação é causada pela deposição de partículas, moléculas, sais entre outros na superfície das membranas (MULDER, 1996). Trata-se de um fenômeno resultante de procedimentos químicos, físicos e biológicos, que pode acarretar um decréscimo irreversível do fluxo (SABLANI et al., 2001). Desta forma, a vida útil da membrana também é reduzida, já que para se obter o mesmo fluxo, seria necessário trabalhar com pressões maiores ou operações de limpeza teriam que ser realizadas com maior frequência (MADAENI; FANE; WILEY, 1999). A recuperação de fluxo não acontece completamente devido à incrustação da membrana, que é parcialmente

irreversível, com isso, apenas a lavagem não o remove (KIMURA et al., 2004).

A fim de evitar este fenômeno, algumas abordagens são recomendadas, entre elas a mistura com polímeros hidrofílicos, inserção de monômeros hidrofílicos e moléculas de cadeia curta, imersão em nanopartículas hidrofílicas, entre outras (PEYRAVI et al., 2012; VATANPOUR et al., 2012). Um dos polímeros mais empregados para fabricação de membranas de ultrafiltração e nanofiltração comerciais e laboratoriais é a poliétersulfona (PES), que possui característica pouco hidrofílica. Por esse motivo, se faz necessário a técnica de modificação da superfície da membrana, a fim de aumentar sua hidrofilicidade (VAN DER BRUGGEN, 2009).

A técnica de sulfonação é conhecida por promover a ligação de um grupo sulfônico na superfície da membrana, por meio da adição na espinha dorsal dos polímeros existentes na membrana, aumentando sua hidrofilicidade e seu desempenho (AYYAVOO et al., 2016). Em membranas de PES ocorrem a substituição aromática eletrofílica, em que o ácido sulfônico ocupa o lugar do átomo de nitrogênio presente, logo sua superfície é carregada com cargas negativas (AHMAD et al., 2013).

As nanopartículas de dióxido de titânio (TiO_2) têm sido amplamente utilizadas no tratamento de água, por meio das tecnologias de membranas, devido à sua estabilidade em condições adversas, disponibilidade comercial e facilidade de preparação (FUJISHIMA; RAO; TRYK, 2000; MOLINARI et al., 2000). Além destas vantagens, outras como baixo custo, alta capacidade fotocatalítica, fotoestabilidade notável e ser não-tóxico tornam o TiO_2 um material favorável para aplicações ambientais (ZHANG et al., 2016). As moléculas de TiO_2 apresentam ainda, cargas positivas que são capazes de se unirem com a superfície das membranas de PES por meio de pontes de hidrogênio ou interações de coordenação (LEONG et al., 2014).

O objetivo do presente trabalho, portanto, foi modificar membranas de ultrafiltração de polietersulfona pelo método de imersão em soluções de ácido sulfúrico e TiO_2 para, em seguida, avaliar a sua performance na remoção de nitrato presente em solução aquosa.

2 | METODOLOGIA

A parte experimental desta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental (LGCPA) do Departamento de Engenharia Química (DEQ), em parceria com o Complexo de Centrais de Apoio a Pesquisa (COMCAP) e com o Departamento de Química, da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

2.1 Modificação da superfície da membrana

A metodologia de modificação se baseou nos trabalhos publicados por BAE, KIM e TAK (2006), BAE e TAK (2005) e BORIBUTH, CHANACHAI e JIRARATANANON (2009). Foi utilizada uma membrana de ultrafiltração (UF) de polietersulfona (PES)

(com tamanho molecular de corte de 300 kDa da marca Sartorius) para a modificação da sua superfície pelo método de imersão (*dip-coating*) com soluções de ácido sulfúrico e TiO_2 .

Inicialmente, uma lavagem foi realizada para retirar a película protetora que é característica de membranas comerciais. A membrana foi colocada em um béquer contendo água deionizada e este foi disposto em um *shaker* (Incubadora Tecnal – Te 4200) sob rotação de 150 rpm pelo período de 1 hora (na metade do processo a água foi trocada). Posteriormente, preparou-se uma solução de ácido sulfúrico (Synth-PA) com concentração 10% (v/v) e uma solução 100 mg.L^{-1} de TiO_2 (Degussa – Evonik - P25), cujo pH foi ajustado com uma solução de ácido nítrico (Synth-PA) para 1,5. A solução de TiO_2 foi sonicada em um banho ultrassônico (Ultronique - QS.5/40A – Frequência 40KHz) durante 1 hora e 30 minutos para melhorar a dispersão das nanopartículas.

Após a lavagem, a membrana foi imersa em 50 mL da solução de ácido sulfúrico, mantendo-se o sistema sob agitação de 120 rpm por 1 hora. Depois, lavou sua superfície com água deionizada para retirada do excesso de ácido. Em sequência, a membrana foi imersa em 50 mL da solução de TiO_2 , nas mesmas condições operacionais de rotação e tempo que foram usadas na etapa da sulfonação. Por fim, a membrana foi seca em estufa de circulação de ar (Sterilifer-Digital time) a 40°C por 24 horas. Finalizada a modificação a membrana foi usada nos testes de filtração.

2.2 Desempenho da membrana modificada

Após a modificação da membrana, esta foi disposta em um módulo de filtração pressurizado com fluxo perpendicular e área disponível para filtração de $9,62 \text{ cm}^2$, para os testes de avaliação dos fluxos, incrustação e remoção do contaminante. O fluxo inicial de água (J_0) na membrana modificada foi avaliado sob pressão de 0,5 bar. Foram coletadas alíquotas com um intervalo de 10 minutos entre cada medida pelo período de 1 hora. As filtrações foram conduzidas à temperatura ambiente (25°C). Em seguida, os fluxos de nitrato (J_1) e final de água (J_2) também foram avaliados sob as mesmas condições descritas para J_0 . Os fluxos (J_x) podem ser calculados de acordo com a equação (1):

$$J_x = \frac{m}{\rho \cdot t \cdot A} \quad (1)$$

Em que (J_x) pode representar os fluxos médios de água inicial (J_0) de contaminante (J_1) e de água final (J_2) através da membrana ($\text{L.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$; onde m é a massa das alíquotas (kg); ρ é a massa específica da água (kg.m^{-3}); t é o tempo (h) e A é a área efetiva da membrana (m^2).

A permeabilidade da membrana foi avaliada logo após o fluxo inicial de água. Mediu-se o fluxo de água sob diferentes pressões (0,1 0,3, e 0,5 bar) e plotou-se um gráfico de fluxo *versus* pressão, cujo o coeficiente angular da reta obtida corresponde

matematicamente à permeabilidade da membrana. Adotou-se a pressão de 0,5 bar como a de trabalho, em função da sua estabilidade. Esta etapa é importante para a seletividade da membrana, uma vez que está relacionada com sua composição, morfologia e hidrofiliicidade/hidrofobicidade, já que analisa os poros existentes em sua superfície e também suas estruturas (HABERT, A.C., BORGES, C.P., NOBREGA, 2006)

Os parâmetros de percentual de incrustação (%*Fouling*) e de recuperação de fluxo (%RF) foram determinados de acordo com as equações 2 e 3, respectivamente.

$$\% \text{ Fouling} = \frac{J_0 - J_2}{J_0} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ RF} = \frac{J_2}{J_0} \times 100 \quad (3)$$

2.3 Rejeição de nitrato

Preparou-se uma solução de nitrato de sódio (Synth – PA) com concentração inicial de 100 mg.L⁻¹, de acordo com a metodologia proposta por ZENEON, PASCUET e TIGLEA (2008). Sua concentração foi determinada em espectrofotômetro (Hack – DR 5000) no comprimento de onda de 205 nm, segundo a metodologia de SOUTO et al. (2006) e de ZENEON, PASCUET e TIGLEA (2008).

O percentual do coeficiente de rejeição (%R) da amostra do contaminante foi calculado pela equação 4:

$$\% R = 1 - \frac{C_1}{C_0} \times 100 \quad (4)$$

No qual, C_0 (mg.L⁻¹) é concentração da espécie na alimentação e C_1 (mg.L⁻¹) é a concentração na corrente de permeado.

2.4 Caracterização da membrana

Para a caracterização da membrana foi utilizado a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS), Ângulo de contato e Espectroscopia na Faixa do Infravermelho por Transformada de Fourier (ATR-FTIR).

2.4.1 MEV e EDS

O MEV utiliza feixe de elétrons que bombardeia uma amostra que foi previamente revestida com ouro para conduzir eletricidade. As imagens formadas permitem que seja avaliada a morfologia das membranas, sendo possível a visualização de poros, rugas e toda superfície de maneira geral (DEDAVID; GOMES, MACHADO, 2007; GOLDSTEIN et al., 2017; TYLKOWSKI; TSIBRANSKA, 2015). Acoplado ao MEV,

tem-se o equipamento de espectroscópio de raio-X por energia dispersiva (EDS), que é capaz de determinar os átomos existentes na amostra (GOLDSTEIN et al., 2017; KUTCHKO; KIM, 2006).

A técnica MEV foi realizada por micrografias geradas por contraste topográfico, através de um microscópio eletrônico, Shimadzu SS-550 SuperScan Scanning Electron Microscope, acoplado a um sistema EDS (Espectroscopia de Dispersão de Energia) que forneceu um espectro dos elementos químicos presentes nas amostras analisadas.

2.4.2 Ângulo de contato

O ângulo de contato determina a hidrofiliicidade da membrana. Para ângulos inferiores a 90°, a superfície é dita como hidrofílica, o que contribui para diminuir a tendência à incrustação da membrana. Já com ângulos superiores a 90°, a membrana apresenta característica hidrofóbica (SCHÄFER et al., 2005).

O ângulo de contato foi medido em um goniômetro da marca Tantec, modelo CAM – Micro. Pelo menos três pontos diferentes da superfície da membrana foram avaliados para diminuir o erro associado às medidas.

2.4.3 ATR-FTIR

O ATR-FTIR é um equipamento que reconhece os grupos funcionais presentes na amostra, devido a vibração entre as moléculas. Nos processos de modificação de membranas, o emprego desta metodologia, proporciona a verificação das transformações e interferências em sua morfologia (RAHIMPOUR et al., 2008). Trata-se de uma análise qualitativa, onde parte da energia é absorvida ou propagada em determinado comprimento de onda, obtendo assim uma imagem (SMITH, 1979).

3 | RESULTADOS

3.1 Performance da membrana

O presente trabalho compreende, inicialmente, em uma etapa de compactação da membrana a fim de manter os fluxos de permeado uniformes. Depois disso, acompanhou-se o fluxo inicial de água em três pressões distintas, com a finalidade de determinar a permeabilidade da membrana em relação à água.

Conforme apresentado na Figura 2, o fluxo de água inicial apresentou certa estabilidade, indicando que a membrana foi compactada anteriormente à coleta das alíquotas para determinação do fluxo. Por conseguinte, o fluxo de contaminante e o fluxo final também atingem a estabilidade rapidamente devido a compactação, fenômeno responsável pela deformação mecânica da membrana, devido a pressão

exercida pela passagem do fluido, após um certo tempo, a membrana atinge o regime permanente e o fluxo fica constante (STADE et al., 2013, 2015).

A permeabilidade foi obtida através do coeficiente angular da equação da reta proveniente das medidas dos fluxos médios da água nas pressões de 0,1, 0,3 e 0,5 bar. De acordo com o gráfico, apresentado na Figura 1, o valor da permeabilidade da membrana modificada foi de $1133,7 \text{ L.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$. É possível verificar que a pressão está diretamente ligada ao fluxo do permeado, ou seja, quanto maior a pressão, maior também será o fluxo.

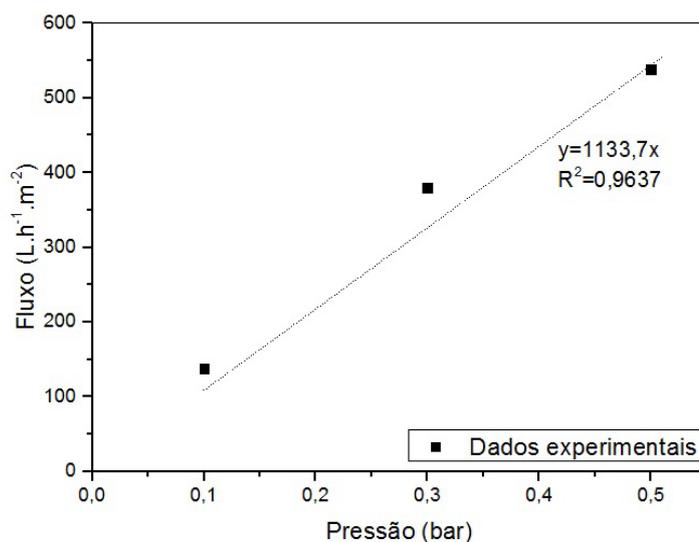


Figura 1: Acompanhamento do fluxo de água em relação a pressão.

Os fluxos de permeado foram acompanhados durante 60 minutos na pressão de 0,5 bar e estão representados na Figura 2.

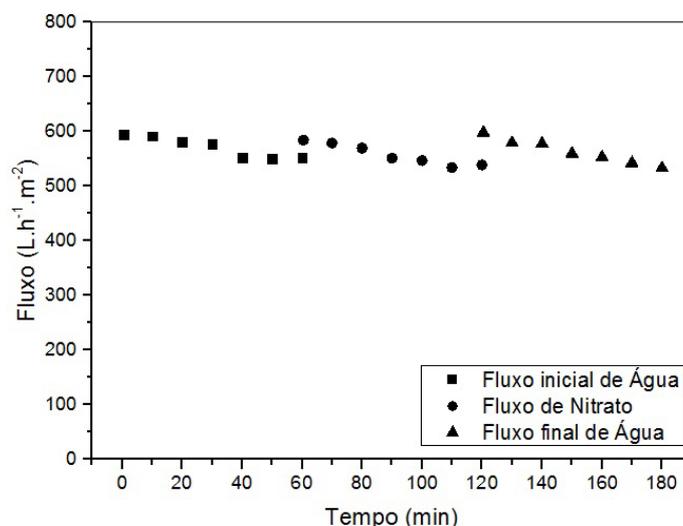


Figura 2: Acompanhamento dos fluxos de permeado na pressão de 0,5 bar.

Observando a Figura 2 observa-se que o fluxo de água inicial manteve-se praticamente estável ao decorrer dos testes, indicando que a membrana adequadamente compactada anteriormente à coleta das alíquotas para determinação dos fluxos. Por conseguinte, o fluxo de contaminante e o fluxo final também atingem a estabilidade rapidamente devido a compactação, fenômeno responsável pela deformação mecânica da membrana, devido a pressão exercida pela passagem do fluido, após um certo tempo, a membrana atinge o regime permanente e o fluxo fica constante (STADE et al., 2013, 2015).

A Tabela 1 apresenta os fluxos médios obtidos pelos três últimos valores de cada fluxo de permeado.

	Tipo de Fluxo	Fluxo Médio (L.h ⁻¹ .m ⁻²)
J ₀	Fluxo Inicial de Água	551,52 ± 2,57
J ₁	Fluxo de Contaminante	539,77 ± 3,75
J ₂	Fluxo Final de Água	542,73 ± 5,76

Tabela 1: Valores médios dos fluxos de permeado.

A partir da tabela acima, é possível observar que o fluxo de contaminante foi menor que o de água, isso porque o Nitrato de Sódio possui massa molecular maior, sendo 84,99 g.mol⁻¹ e 18,02 g.mol⁻¹ respectivamente, indicando uma possível remoção deste composto químico. A lavagem na superfície da membrana, após a passagem da solução de contaminante, teve como finalidade remover o nitrato retido na superfície da membrana, e sendo portanto, a responsável pelo aumento no fluxo final de água.

A partir dos dados apresentados da Tabela 1 e por meio da aplicação das equações 2 e 3, foi possível calcular a incrustação e o fator de recuperação de fluxo da membrana modificada (Figura 3). Vale salientar que, esta membrana apresentou um elevado fator de recuperação de fluxo e conseqüentemente, a incrustação representou uma pequena parcela.

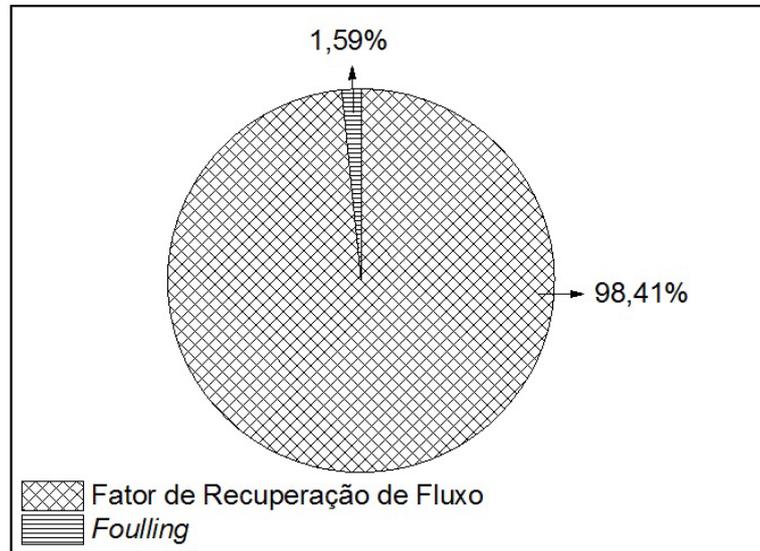


Figura 3: Valores Percentuais de Fouling e Fator de Recuperação de Fluxo para Membrana Modificada.

3.2 Remoção do contaminante

A remoção do nitrato foi acompanhada durante toda a filtração. A média de remoção do contaminante, considerando todo volume permeado, foi de 20%. A Figura 4, abaixo, demonstra o decaimento da concentração de nitrato no decorrer do tempo de filtração.

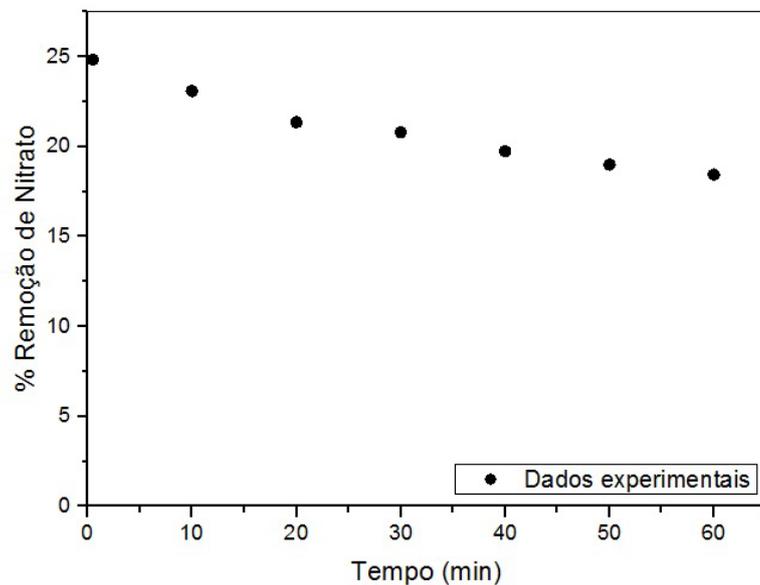


Figura 4: Acompanhamento da remoção de nitrato durante os 60 minutos de filtração.

Inicialmente, a primeira amostra coletada apresentou uma porcentagem de remoção de nitrato maior, sendo de 24,83%. Na figura 4, pode-se perceber que, a partir de 30 minutos, a remoção mantém-se praticamente estável, assim como o fluxo, o qual também se estabilizou em 30 minutos.

Acredita-se que esta remoção se tenha dado por adsorção entre a superfície

da membrana (positivamente carregada) e a molécula de nitrato (negativamente carregada). Isso porque, a solução de TiO_2 em pH 1,5 é responsável por carregar as nanopartículas positivamente, dessa forma, quando uma solução aniônica permeia na membrana, como exemplo o nitrato, ocorre atração eletrostática (BAE; KIM; TAK, 2006; BAE; TAK, 2005b).

Além disso, no presente trabalho, modificou-se uma membrana de ultrafiltração, isso explica o motivo da baixa remoção de nitrato. Uma vez que o procedimento mais indicado para a remoção deste contaminante é a nanofiltração, devido ao tamanho de sua molécula (GARCIA et al., 2006).

3.3 Caracterização da membrana

3.3.1 MEV e EDS

As figuras 5 e 6 apresentam as imagens obtidas a partir do MEV, para as membranas de ultrafiltração, modificada e pura, a título de comparação.

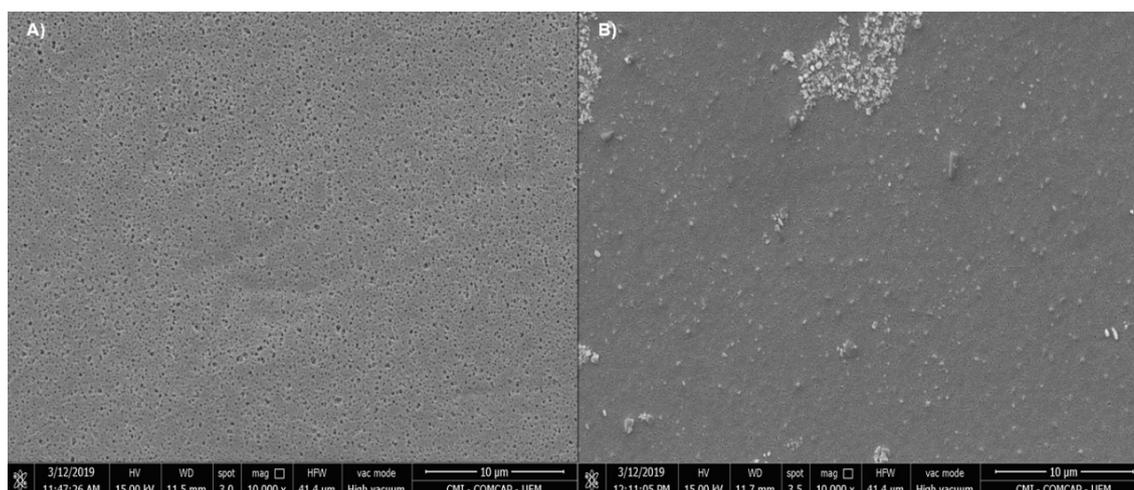


Figura 5: Imagens do MEV das membranas na magnitude 10000x ; A) membrana UF pura e B) membrana modificada.

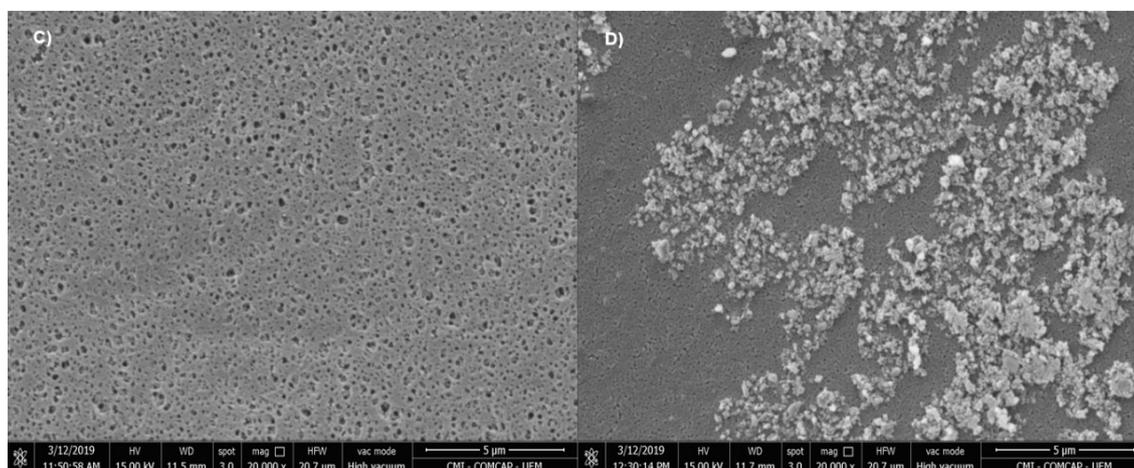


Figura 6: Imagens do MEV das membranas na magnitude 20000x ; C) membrana UF pura e D) membrana modificada

Comparando-se as membranas pura (A e C) e modificada (B e D) verifica-se uma diminuição no tamanho dos poros nas regiões cinzas, indicando que o TiO_2 se ligou quimicamente na superfície da membrana. Porém, com o aumento da magnitude, é possível observar a presença de pontos brancos aglomerados, que sugerem que em algumas regiões o TiO_2 está depositado de forma irregular, o que indica que o mesmo não está totalmente aderido à sua superfície (BELUCI et al., 2019). Isso ocorre possivelmente porque a lavagem superficial da membrana, após a imersão com H_2SO_4 , foi ineficiente, facilitando a permeação do nitrato nestas regiões, o que justifica a pequena remoção deste contaminante.

O resultados de EDS corroboram com o MEV e estão ilustrados na Figura 7. Na membrana modificada (Figura 7 – B) há a presença do elemento químico Titânio (Ti), comprovando que, de fato, houve a modificação da superfície da membrana. Os demais elementos químicos, Carbono (C), Oxigênio (O) e Enxofre (S) apresentados, tanto para membrana pura (Figura 7 – A), quanto para a membrana modificada, são característicos de membranas de poliétersulfona. Destaca-se que, a presença de Ouro (Au) nas amostras é decorrente do processo de metalização.

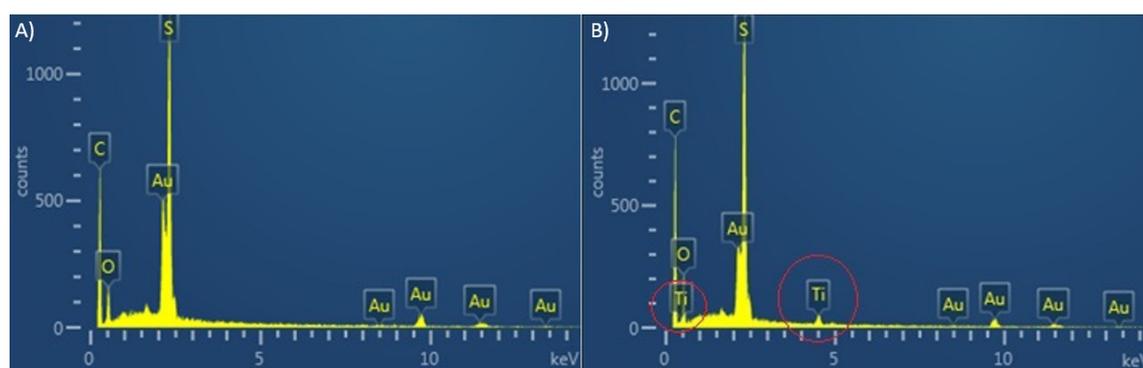


Figura 7: EDS das membranas; A) membrana UF pura e B) membrana modificada.

3.3.2 Ângulo de contato

Com a modificação, a membrana apresentou um ângulo de contato de $59,00 \pm 1,53^\circ$, tornando-se mais hidrofílica que a pura, pois, de acordo com BELUCI et al. (2019) a membrana de ultrafiltração comercial possui um ângulo de contato de $66,00 \pm 0,72^\circ$. Explica-se este aumento da hidrofilicidade na membrana modificada com a adição de TiO_2 na superfície da membrana pela presença dos grupos hidroxilas nesta solução que se interagem com a água, por meio das ligações de hidrogênio e forças de Van der Waals (SAFFAR et al., 2014). Vale ressaltar que, neste caso, o aumento da hidrofilicidade da membrana fez com que houvesse uma melhora no desempenho da mesma, diminuindo assim a sua incrustação, porém, a remoção para o nitrato não foi muito eficiente pela pequena redução do tamanho dos poros, provavelmente a adição de outras soluções modificadoras possam aumentar a porcentagem de remoção do contaminante.

3.3.3 ATR-FTIR

Os espectros obtidos com o ATR-FTIR (Figura 8) confirmam a impregnação do TiO_2 na superfície da membrana, como sugerido anteriormente nas imagens do MEV. Tendo em vista que, é notável a diferença na intensidade dos picos nos comprimentos de onda entre 3000 a 2500 cm^{-1} e no intervalo de 1500 a 1250 cm^{-1} , em função da adesão do TiO_2 na superfície da membrana, o que conseqüentemente reduz a intensidade dos picos. Além disso, verifica-se um pico na faixa de 1000 a 500 cm^{-1} que pode ser atribuído a vibração das ligações de Ti-O-Ti, também observado por GAO et al. (2003). Vale lembrar que, a deposição superficial de TiO_2 não foi uniforme, podendo ocasionar erros na análise do FTIR, pois uma região da membrana com menor concentração desse elemento por ter sido utilizada para o teste.

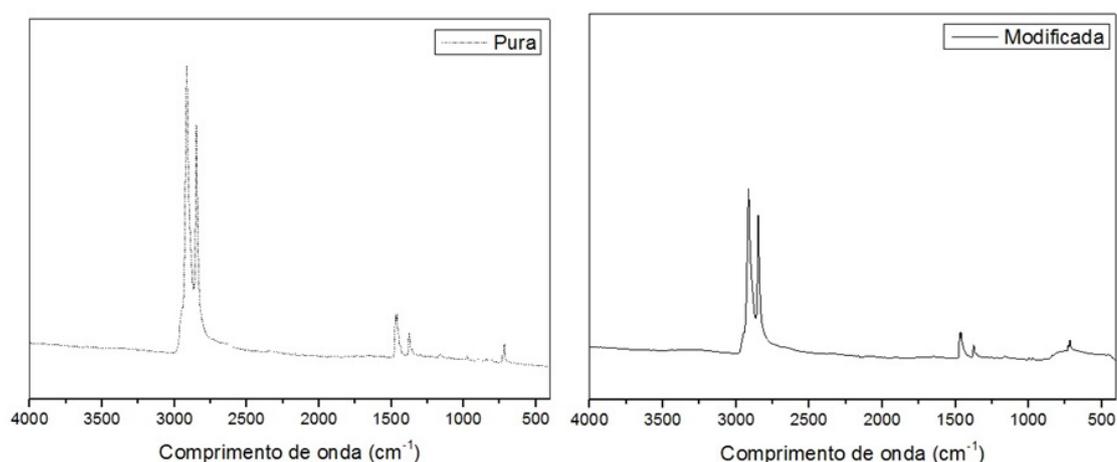


Figura 8 - ATR-FTIR das membranas pura e modificada.

4 | CONCLUSÕES

A partir do presente trabalho, pode-se verificar que a modificação proposta para a superfície de membrana de UF de PES, através do método de imersão em soluções de H_2SO_4 e TiO_2 , respectivamente, é promissora para remoção de nitrato em solução aquosa. Contudo, estudos futuros devem ser realizados, objetivando uma melhoria desta técnica de modificação e, por consequência, nos resultados de remoção deste contaminante. Para isso, sugere-se também, novas análises utilizando membranas de NF, uma vez que estas possuem poros menores, se comparado à membrana avaliada, o que possivelmente aperfeiçoará o desempenho do processo, tendo em vista que o peso molecular do nitrato é baixo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e CNPq pelo apoio financeiro e pela bolsa de

REFERÊNCIAS

- AHMAD, A. L. et al. Recent development in additives modifications of polyethersulfone membrane for flux enhancement. **Chemical Engineering Journal**, v. 223, p. 246–267, 2013.
- AYYAVOO, J. et al. **Protection of polymeric membranes with antifouling surfacing via surface modifications**. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2016.
- BAE, T. H.; KIM, I. C.; TAK, T. M. Preparation and characterization of fouling-resistant TiO₂ self-assembled nanocomposite membranes. **Journal of Membrane Science**, v. 275, n. 1–2, p. 1–5, 2006.
- BAE, T. H.; TAK, T. M. Effect of TiO₂ nanoparticles on fouling mitigation of ultrafiltration membranes for activated sludge filtration. **Journal of Membrane Science**, v. 249, n. 1–2, p. 1–8, 2005a.
- BAE, T. H.; TAK, T. M. Preparation of TiO₂ self-assembled polymeric nanocomposite membranes and examination of their fouling mitigation effects in a membrane bioreactor system. **Journal of Membrane Science**, v. 266, n. 1–2, p. 1–5, 2005b.
- BASILE, T. et al. **Review of endocrine-disrupting-compound removal technologies in water and wastewater treatment plants: An EU perspective** *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2011.
- BELUCI, N. C. L. et al. Hybrid treatment of coagulation/flocculation process followed by ultrafiltration in TiO₂-modified membranes to improve the removal of reactive black 5 dye. **Science of The Total Environment**, v. 664, p. 222–229, 2019.
- BORIBUTH, S.; CHANACHAI, A.; JIRARATANANON, R. **Modification of PVDF membrane by chitosan solution for reducing protein fouling**. v. 342, p. 97–104, 2009.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001. 32 p.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, CMACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: Aplicações e preparação de amostras - Materiais Poliméricos, metálicos e semicondutores**. EdIPUCRS, 2007.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência LTDA. 1998.
- FREIRE, R. S. et al. **Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas** *Química Nova*, 2000.
- FUJISHIMA, A.; RAO, T. N.; TRYK, D. A. **Titanium dioxide photocatalysis** *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 2000.
- GAO, Y. et al. Room temperature deposition of a TiO₂ thin film from aqueous peroxotitanate solution. **Journal of Materials Chemistry**, 2003.
- GARCIA, F. et al. Nitrate ions elimination from drinking water by nanofiltration: Membrane choice. **Separation and Purification Technology**, 2006.

- GOLDSTEIN, Joseph I. et al. **Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis**. Springer, 2017.
- HABERT, Alberto Cláudio. **Processos de separação por membranas**. Vol. 3. Editora E-papers, 2006.
- KIMURA, K. et al. Irreversible membrane fouling during ultrafiltration of surface water. **Water Research**, 2004.
- KUTCHKO, B. G.; KIM, A. G. Fly ash characterization by SEM-EDS. **Fuel**, 2006.
- LEONG, S. et al. TiO₂ based photocatalytic membranes: A review. **Journal of Membrane Science**, v. 472, p. 167–184, 2014.
- MADAENI, S. S.; FANE, A. G.; WILEY, D. E. Factors influencing critical flux in membrane filtration of activated sludge. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 74, n. 6, p. 539–543, 1999.
- MOLINARI, R. et al. Study on a photocatalytic membrane reactor for water purification. **Catalysis Today**, 2000.
- MULDER, M. **Basic Principles of membrane technology**. 2 ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. 564 p.
- NAIME, R. **Eutrofização. Eco Debate**. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2015/05/14/eutrofizacao-artigo-de-roberto-naime/%3E>. <https://www.ecodebate.com.br/2015/05/14/eutrofizacao-artigo-de-roberto-naime/>>. Acesso em: 13 out. 2018.
- PEYRAVI, M. et al. Tailoring the surface properties of PES ultrafiltration membranes to reduce the fouling resistance using synthesized hydrophilic copolymer. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 160, p. 114–125, 2012.
- RAHIMPOUR, A. et al. Coupling TiO₂ nanoparticles with UV irradiation for modification of polyethersulfone ultrafiltration membranes. **Journal of Membrane Science**, 2008.
- RESENDE, A. V. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, p. 28, 2002.
- SABLANI, S. et al. Concentration polarization in ultrafiltration and reverse osmosis: A critical review. **Desalination**, 2001.
- SAFFAR, A. et al. Hydrophilic modification of polypropylene microporous membranes by grafting TiO₂ nanoparticles with acrylic acid groups on the surface. **Polymer**, 2014.
- SCHÄFER, A. I.; NGHIEM, L. D.; WAITE, T. D. Removal of the natural hormone estrone from aqueous solutions using nanofiltration and reverse osmosis. **Environmental Science & Technology**, v. 37, n. 1, p. 182-188, 2003.
- SMITH, Albert Lee. Applied infrared spectroscopy. Fundamentals, techniques and analytical problem solving. **Applied infrared spectroscopy. Fundamentals, techniques and analytical problem solving., by Smith, AL. Chichester (UK): John Wiley & Sons, 11+ 322 p., 1979.**
- SONUNE, A.; GHATE, R. Developments in wastewater treatment methods. **Desalination**, v. 167, n. 1–3, p. 55–63, 2004.
- SOUTO, M. A. M. et al. A determinação de nitrato em águas por espectrofotometria UV: usos e precauções. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 65, n. 1, p. 66–70, 2006.

STADE, S. et al. Reversible and irreversible compaction of ultrafiltration membranes. **Separation and Purification Technology**, v. 118, p. 127–134, 2013.

STADE, S. et al. Compaction and its effect on retention of ultrafiltration membranes at different temperatures. **Separation and Purification Technology**, v. 151, p. 211–217, 2015.

SUSANTO, H.; ULBRICHT, M. Characteristics, performance and stability of polyethersulfone ultrafiltration membranes prepared by phase separation method using different macromolecular additives. **Journal of Membrane Science**, v. 327, n. 1–2, p. 125–135, 2009.

TYLKOWSKI, B.; TSIBRANSKA, I. Overview of main techniques used for membrane characterization. **Journal of Chemical Technology and Metallurgy**, 2015.

UPADHYAYA, L.; QIAN, X.; RANIL WICKRAMASINGHE, S. **Chemical modification of membrane surface – overview** *Current Opinion in Chemical Engineering*, 2018.

VAN DER BRUGGEN, B. Chemical modification of polyethersulfone nanofiltration membranes: A review. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 114, n. 1, p. 630–642, 2009.

VATANPOUR, V. et al. Boehmite nanoparticles as a new nanofiller for preparation of antifouling mixed matrix membranes. **Journal of Membrane Science**, v. 401–402, p. 132–143, 2012.

VON SPERLING, Marcos. Lagoas de estabilização. v. 3. **Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 140p**, 1966.

ZENEBO, Odair; PASCUET, Neus Sadocco. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. In: **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 2005.

ZHANG, F. et al. Titanium Dioxide/Upconversion Nanoparticles/Cadmium Sulfide Nanofibers Enable Enhanced Full-Spectrum Absorption for Superior Solar Light Driven Photocatalysis. **ChemSusChem**, 2016.

ZUBLENA, Joseph Peter; COOK, Maurice G.; ST CLAIR, M. B. Pollutants in groundwater: health effects. **AG-North Carolina Agricultural Extension Service, North Carolina State University (USA)**, 1990.

SOBRE O ORGANIZADOR

DR. BENEDITO RODRIGUES DA SILVA NETO Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado de Mato Grosso (2005), com especialização na modalidade médica em Análises Clínicas e Microbiologia. Em 2006 se especializou em Educação no Instituto Araguaia de Pós graduação Pesquisa e Extensão. Obteve seu Mestrado em Biologia Celular e Molecular pelo Instituto de Ciências Biológicas (2009) e o Doutorado em Medicina Tropical e Saúde Pública pelo Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública (2013) da Universidade Federal de Goiás. Pós-Doutorado em Genética Molecular com concentração em Proteômica e Bioinformática. Também possui seu segundo Pós doutoramento pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde da Universidade Estadual de Goiás (2015), trabalhando com Análise Global da Genômica Funcional e aperfeiçoamento no Institute of Transfusion Medicine at the Hospital Universitätsklinikum Essen, Germany. Palestrante internacional nas áreas de inovações em saúde com experiência nas áreas de Microbiologia, Micologia Médica, Biotecnologia aplicada a Genômica, Engenharia Genética e Proteômica, Bioinformática Funcional, Biologia Molecular, Genética de microrganismos. É Sócio fundador da “Sociedade Brasileira de Ciências aplicadas à Saúde” (SBCSaúde) onde exerce o cargo de Diretor Executivo, e idealizador do projeto “Congresso Nacional Multidisciplinar da Saúde” (CoNMSaúde) realizado anualmente no centro-oeste do país. Atua como Pesquisador consultor da Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG. Coordenador do curso de Especialização em Medicina Genômica e do curso de Biotecnologia e Inovações em Saúde no Instituto Nacional de Cursos. Como pesquisador, ligado ao Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública da Universidade Federal de Goiás (IPTSP-UFG), o autor tem se dedicado à medicina tropical desenvolvendo estudos na área da micologia médica com publicações relevantes em periódicos nacionais e internacionais.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-435-1

