

OS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

BRANDÃO, Aduarito Pereira (RU2771259)

ORIENTADOR,

RESUMO

O advento da utilização dos processos de filtração por membrana no tratamento de água para abastecimento reflete uma nova realidade, destacando a necessidade de aprofundamento no assunto a fim de facilitar o processo e trazer economia. Com o objetivo de descrever a utilização das membranas, o processo de filtração e seus resultados foi elaborado um estudo de revisão bibliográfica, relacionando conteúdos científicos dos últimos 10 anos, totalizando 11 arquivos que submetidos a leitura flutuante foram sintetizados seus resultados, para análise das características importantes neste estudo. Através do conteúdo obtido pode-se observar que a nanofiltração foi a categoria de filtração por membranas mais utilizado no tratamento de água de consumo, tendo uma alta desempenho na retenção de partículas e agindo ainda em forma de difusão retendo íons menores por sua configuração energética. É considerado por diversos autores a alta eficácia dos processos, sendo eles isolados ou associados a outros tratamentos a depender da pureza do fluido inicial, porém, existe um custo para implantação e manutenção a ser considerado, especialmente calculado a cada condição das estações de tratamento, assim, conclui-se que a técnica é eficaz, porém, seu custo-benefício deve ser avaliado a cada situação.

Palavras-chave: Filtração por membranas. Água de abastecimento. Nanofiltração.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de filtração por membrana no tratamento de água potável revelam uma tecnologia avançada capaz de otimizar o tratamento de água e efluentes para diversas finalidades, o estudo desta tecnologia possibilitando o conhecimento do seu funcionamento e seus potenciais benefícios é de extrema importância para a atualização dos profissionais responsáveis por estes processos, possibilitando inovação neste nicho.

Para a sociedade o investimento nesta tecnologia de tratamento é benéfico para redução da agressão do meio ambiente, e redução da utilização de soluções na água, considerando o aumento da qualidade da mesma quando tratada por meio deste método. A ultrafiltração é uma ferramenta essencial ao reaproveitamento de água e descarte adequado de efluentes, reduzindo o número de poluentes e criando uma atuação mais sustentável.

O objetivo deste estudo é descrever os processos de filtração por membrana e sintetizar o que as literaturas científicas relatam sobre a temática, enfatizando sobre o uso desta tecnologia sobre o tratamento de água para consumo, estratificando as melhores formas de uso, considerando os pontos apresentados.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na ferramenta de pesquisa do google acadêmico, e após leitura flutuante dos artigos selecionados através dos critérios estabelecidos uma tabela foi criada, agrupando as informações importantes para o objetivo deste estudo, podendo ao final gerar uma discussão direcionada e um entendimento profundo sobre o assunto.

2. MEMBRANAS FILTRANTES

A eficiência do processo de separação por membranas e seus benefícios vem trazendo a crescente recomendação de especialistas para a utilização desta técnica, em diferentes finalidades. A capacidade de redução da turbidez sem o uso de coagulantes e o potencial de alta eficiência na redução de microrganismos são os benefícios mais citados para a implantação desta tecnologia (OLIVEIRA, 2010).

Dentre os processos existentes na técnica de filtração por membranas destacam-se a microfiltração, ultrafiltração, a nanofiltração e a osmose reversa, dentre estas a utilizada para o tratamento de água para abastecimento, considerando a importância da purificação contra os contaminantes orgânicos, o processo de ultrafiltração é o mais indicado neste meio sendo capaz de remover poluentes orgânicos de menor peso molecular (MIERZWA *et al.*, 2008).

Sabe-se que a eficácia das membranas depende especialmente de duas variantes: selectividade e fluxo. A selectividade é determinada por cada tipo de membrana utilizada e pode ser explorada através do cálculo de coeficiente de retenção com a fórmula [Retenção = 1 – concentração de produto filtrado/concentração de soluto na alimentação]. A outra variante determinada fluxo é relacionada a velocidade de permeação do fluido, que se difere por métodos e diversas condições ambientais (CHERYAN, 1998).

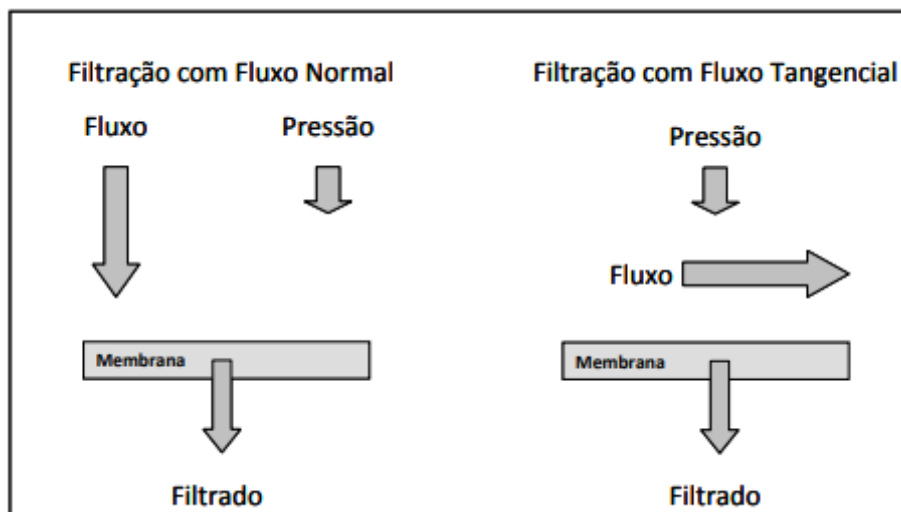
2.1 MICROFILTRAÇÃO

Membranas de microfiltração (MF) são capazes de filtrar partículas de até 0,1 micrometro (μm), esta capacidade de retenção tem relação direta a pressão aplicada no processo, deste modo o tamanho das partículas pode se alterar para até 10 μm para retenção (OLIVEIRA, 2010).

A relação da pressão ao tamanho das partículas retidas é diretamente proporcional, sendo que quanto maior a pressão aplicada no fluxo de água maior a passagem das partículas, sendo capazes de atravessar partículas de tamanho quase igual aos poros das membranas (GUIMARÃES FILHO, 2017).

Os processos mais utilizados na MF e também em outros tipos de filtração são: in-line, onde o fluido é levado a membrana e pressionado a ela por meio de bombeamento direto a superfície, este processo é um exemplo da filtração caseira, que traz grandes resultados devido a chegada de uma água já previamente tratada, com redução significativa de impurezas, reduzindo o acúmulo destas na membrana; e cross-flow, conhecido também como filtração tangencial, o fluxo é aplicado de forma tangencial a membrana, reduzindo o acúmulo das impurezas na membrana de filtração (SANTOS NEVES, LACERDA e SILVA FILHO, 2011).

FIGURA 1 - ESQUEMA COMPARATIVO DOS FLUXOS DE FILTRAÇÃO



Fonte: SANTOS NEVES, LACERDA e SILVA FILHO, 2011, p. 3.

2.2 ULTRAFILTRAÇÃO (UF)

A UF é semelhante ao processo de microfiltração, entretanto com membranas de poros 10 vezes menores, gerando uma capacidade de filtração mais específica, podendo reter partículas de peso molecular muito menor, sendo este o indicador para a classificação do tipo de filtração utilizada (BAKER, 2012).

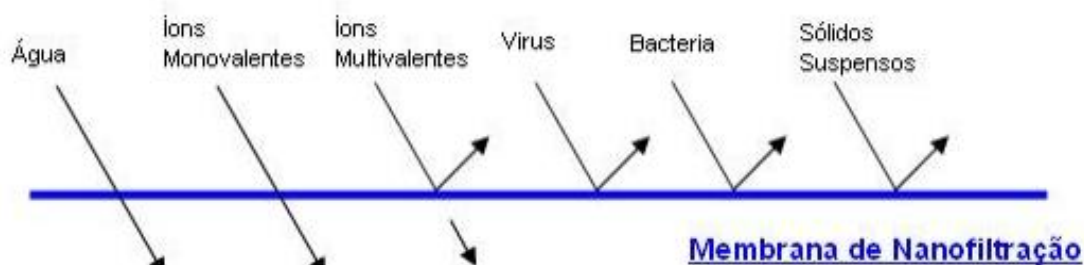
Além do peso molecular, outros fatores interferem na retenção de partículas na membrana, como a forma destas moléculas e o pH. Vários demais fatores se assemelham a MF, como os fluxos do fluido, deterioração e entupimento da membrana, causado tanto por partículas suspensas quanto partículas dissolvidas, ambas podendo estagnar-se superficialmente formando uma placa anterior aos poros, ou as partículas dissolvidas podem penetrar nos poros e fixar-se no interior, deteriorando a membrana e reduzindo o fluxo (GUIMARÃES FILHO, 2017).

2.3 NANOFILTRAÇÃO

São descritas como membranas intermediárias aos processos de UF e osmose reversa, os tamanhos dos poros destas membranas é de aproximadamente 1 nm, possui sua superfície carga elétrica definida, agindo por meio de peneiração devido os tamanhos dos poros e a retenção de sais inorgânicos são removidos por efeito de carga, sendo uma rejeição maior de íons divalentes (BAKER, 2012).

Essa membrana tem sua atuação com mecanismo de exclusão e difusão, sendo eficaz na purificação de proteínas e separação de compostos orgânicos e sais divalentes, este mecanismo de difusão pela transferência de massa é capaz de remover cálcio e magnésio, porém não se faz eficaz na dessalinização devido deixar quantidade de cloro aumentada. O autor esquematiza na imagem o funcionamento das membranas de nanofiltração (TELLES, 2016).

FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO DA NANOFILTRAÇÃO



Fonte: TELLES, 2016, p. 12.

2.4 OSMOSE REVERSA

Estas membranas possuem os menores poros neste âmbito, sendo assim são capazes de atingir o maior número de rejeição de partículas, proporcionando uma

filtração mais apurada, proporcionando a retenção de moléculas orgânicas e inorgânicas, sendo capaz de atingir eficiência total para algumas substâncias (TELLES, 2016).

Como indicado a técnica confere um processo reverso da osmose, possibilitando a passagem da água do meio mais concentrado ao menos concentrado, removendo deste modo as partículas determinadas. Do mesmo modo aos outros meios de filtração a técnica depende de um fluxo que leve o fluido com determinada pressão até a estrutura da membrana, entretanto neste a pressão aplicada deve ser maior que a pressão osmótica da solução alimentadora (MORAES, 2021).

O uso mais comum da osmose reversa é no processo de dessalinização no uso industrial ou para consumo, esta técnica é conhecida e utilizada desde o século XIX, sendo amplamente utilizada nos Estados Unidos, Japão e Europa, além das diversas regiões desérticas (BAKER, 2012).

Na operação desta membrana duas variáveis são essenciais para o entendimento do funcionamento e efetividade do processo, sendo estes o fluxo de sais e o fluxo de água. Para esse entendimento são empregadas duas equações:

Fluxo de água = (coeficiente de transporte de massa de água ($10^{-3} \text{m}^2 \text{s/kg}$)) x (pressão aplicada - pressão osmótica). O fluxo de água é diretamente proporcional a diferença na pressão do fluido por meio de bombas e da pressão osmótica (GUIMARÃES FILHO, 2017).

Fluxo de sais = coeficiente de transporte de massa de sais ($10^{-3} \text{m}^2 \text{L/(s} \cdot \text{g)}$) x (concentração na alimentação - concentração no permeado), diferente ao fluxo de água, o fluxo de saís é independente da pressão aplicada, se relacionando apenas as características da própria membrana (GUIMARÃES FILHO, 2017).

3 UTILIZAÇÃO DAS MEMBRANAS

Definido os principais tipos de membrana e suas aplicações é possível enumerar benefícios e empregar as tecnologias nas situações que as mesmas possam ser

eficazes, dentre essas situações encontra-se o tratamento de água para consumo, dessalinização, tratamento de águas residuais, dentre outros (FELIZATTO, 2017).

O autor Guimarães Filho (2017) discute em seus estudos a diferenciação das estações que utilizam ciclo de tratamento envolvendo a filtração por membranas daquelas que utilizam o tratamento convencional, este qual se divide nos processos básicos de coagulação, floculação e decantação, e complementado por raspadores mecanizados e processos complementares, estes oferecem poucas variações a se relacionar a situações específicas.

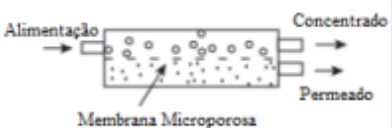

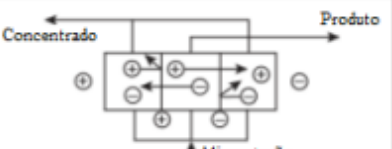
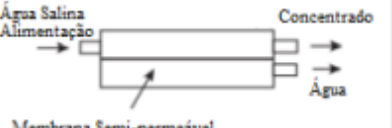
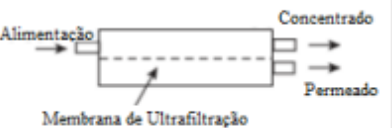
A utilização do processo de filtração por membranas apresenta como vantagem uma flexibilidade na sua utilização, sendo grande a variedade de configurações dos processos, podendo adequar-se mais facilmente a condições distintas do habitual. Todo este processo é envolvido não somente pela filtração por membranas, mas nas atividades de pré e pós tratamento (GUIMARÃES FILHO, 2017).

Tratando-se de uma barreira física composta por um fino filme sólido as suas variações já distinguidas anteriormente assumem diferentes capacidades. As membranas de nanofiltração por exemplo, com diâmetros dos poros chegando a 0,001 μm , são capazes de remover grande parte da matéria orgânica, vírus e sais, por todas as suas características ela tem ótimo potencial para abrandamento de água dura (HOWE *et al.*, 2012).

O autor Felizatto (2017) emprega em seus estudos o quadro encontrado abaixo, onde esquematiza detalhadamente os permeados de cada tipo de membrana, explicando que essas características se dão devido às variáveis físicas de espessura, porosidade, seletividade e permeabilidade.

O entendimento do produto permeado atribuído a cada categoria de membrana estimula o entendimento do funcionamento das mesmas e da capacidade de utilização em cada campo, a entender a finalidade do tratamento do fluido (FELIZATTO, 2017).

FIGURA 3 – CARACTERÍSTICAS DAS MEMBRANAS

PROCESSO	MECANISMOS	PERMEADO	FORÇA MOTRIZ
Micro-Filtração		Água e Substâncias Dissolvidas	Diferença de Pressão Valor típico de 0,07 kPa
Diálise		Íons e compostos orgânicos de baixo peso molecular (Ureia, etc.)	Diferença de Concentração e Alimentação do Dialisado
Eletro-Diálise		Íons	Voltagem Típica de 1 a 2 V/par de células
Osmose Inversa		Água	Diferença de Pressão de 0,7 a 5,5 kPa
Ultra-Filtração		Águas e Sais	Diferença de Pressão de 0,07 a 0,7 kPa

Fonte: Adaptação de Felizatto, 2017, p. 8.

4 RESULTADOS

QUADRO 1 – SÍNTESE DE RESULTADOS

Título	Autores, cidade, ano de publicação	Resultados	Objetivo
Métodos de Abrandamento de Água para Abastecimento: estudo de caso Habitasul - Jurerê Internacional	Grazielle de Moraes Florianópolis, 2021	Evidencia que os processos de troca iônica e nanofiltração tem eficiência maior em relação a precipitação, embora seus custos também sejam mais elevados. Como custo benéfico para o SAE a troca	Propor um método de abrandamento, para a ETA, com capacidade de reduzir a dureza a anular ao paladar.

		iônica foi o melhor apresentado.	
Tratamento de água de abastecimento por nanofiltração e osmose inversa para remoção dos carbamatos: carbaril, carbofurano e metomil	Marina Sampaio Slussarek Tateoka Florianópolis, 2014	A membrana de nanofiltração foi capaz de atingir remoções de 98%, 99% e 90% para carbaril, carbofurano e metomil, respectivamente. O mesmo ocorreu para a membrana de osmose inversa com remoções de 84%, 100% e 63%.	Avaliar a eficiência da remoção dos carbamatos de água destilada e água de lagoa fortificadas com carbamatos.
Avaliação da utilização de carvão ativado em pó superfino (S-CAP) associado a membrana de microfiltração (MF) na remoção de atrazina de água de abastecimento	Pauline Aparecida Pera do Amaral Florianópolis, 2016	Foi observado no estudo que o uso de S-CAPs em 10 a 30 minutos apresentaram uma eficiência adequada para remoção da atrazina, sendo considerada esta uma boa alternativa ao tratamento associado a membrana do sistema híbrido.	Avaliar os processos de filtração na remoção de Atrazina de água de abastecimento.
Estudo da tecnologia de filtração por osmose reversa na purificação da água	Anderson Gomes Bezerra Caraúbas, 2018	Em relação as membranas, a osmose reversa apresentou a maior eficiência nos processos de dessalinização obtendo potencial de filtração de impurezas acima de 99%. O estudo evidencia um alto custo para atividade deste tipo de membrana especialmente relacionada ao uso de energia elétrica, sendo este um fator limitante ao uso. Porém, embora o alto consumo de eletricidade o estudo evidencia a viabilidade econômica em relação ao tempo de utilização pela apresentação de grandes benefícios.	Apresentar as principais características e aspectos fundamentais sobre a tecnologia de filtração por osmose reversa.
Comparação das técnicas do número mais provável (NMP) e de filtração em membrana na avaliação da	Marcelo Luiz Lima Brandão <i>et al.</i> São Paulo, 2012	Das amostras mais de 70% teve resultados insatisfatórios, a grande maioria devido presença de <i>P. aeruginosa</i> , porém, é ressaltado a possibilidade de má	Comparar técnicas de filtração e de NMP pela avaliação da qualidade

<p>qualidade microbiológica de água mineral natural</p>		<p>higienização dos garrafões utilizados para armazenamento.</p>	<p>microbiológica de amostras de água mineral natural.</p>
<p>Nanofiltração e osmose inversa aplicadas à remoção de agrotóxicos (carbamatos) em águas de abastecimento: avaliação em escala de bancada</p>	<p>Marcelo Zawadzki Bueno Florianópolis, 2013</p>	<p>Obeve-se menor rendimento nas membranas de acetato de celulose e melhores nas membranas de poliamida. Dentre todas análises as membranas de osmose reversa de poliamida foram as mais efetivas para retenção de agrotóxicos, porém as membranas de nanofiltração produzem um melhor custo-benefício devido seus bons resultados na filtração e produção maior de fluxo de permeado.</p>	<p>Avaliar a retenção de agrotóxicos por membranas comerciais de nanofiltração e osmose inversa</p>
<p>Remoção de cianobactérias e cianotoxinas em águas de abastecimento pela associação de flotação por ar dissolvido e nanofiltração</p>	<p>Franciele Pereira Camacho <i>et al.</i> Belo Horizonte, 2012</p>	<p>A associação das técnicas abordadas no estudo considerando o uso das membranas NF90 e NF270 mostrou-se uma alternativa eficaz no tratamento de água para consumo.</p>	<p>Avaliar a associação de flotação e nanofiltração no tratamento de água para remoção de cianobactérias e cianotoxinas.</p>
<p>Avaliação da performance de metodologias de detecção de <i>Cryptosporidium</i> spp. e <i>Giardia</i> spp. em água destinada ao consumo humano, para o atendimento às demandas da Vigilância em Saúde Ambiental no Brasil</p>	<p>Regina Maura Bueno Franco <i>et al.</i> Brasília, 2012</p>	<p>Traz as vantagens da Filtração em membranas de 47mm, 3µm de porosidade, como custo baixo comparado a outras tecnologias, aplicável a água bruta ou tratada, menor tempo de processamento. Como desvantagens é visto a sua influência pela turbidez da água devido obstrução dos poros, este tipo de tratamento se mostrou menos eficaz na retenção de <i>Cryptosporidium</i> spp.</p>	<p>Avaliar três protocolos de concentração de cistos e oocistos em água bruta.</p>
<p>Tratamento de água de chuva através de microfiltração tangencial</p>	<p>Tiago Lemos Guedes Florianópolis, 2012</p>	<p>Foi detectado no estudo a água da chuva como uma potencial fonte de água para consumo, utilizando a MF como estratégia de resultados</p>	<p>Avaliar o uso de águas da chuva tratadas por meio da MF para uso</p>

<p>Análise da implementação do sistema de membranas Ultrafiltrantes em uma ETA de ciclo completo a partir do estudo de caso da ETA meia ponte</p>	<p>Múcio Bonifácio Guimarães Filho Goiânia, 2017</p>	<p>satisfatórios, removendo os principais parâmetros de interesse na potabilização. Os resultados evidenciam a necessidade de um pré-tratamento, relevando que com esse associado ao tratamento por membranas existe uma significativa redução da turbidez. Existe com um sistema uma economia da área usada para tratamento e o custo para implantação se faz adequado a considerar o custo-benefício, embora o aumento do gasto de energia elétrica também seja expressivo.</p>	<p>de abastecimento a população. Comparar o tratamento atual utilizado no ETA Meia Ponte e as consequências da implementação de um sistema de tratamento por membranas.</p>
<p>Remoção de matéria húmica aquática, ferro e manganês de águas para abastecimento por meio de coagulação, floculação, sedimentação e filtração com membranas</p>	<p>Marie José Chéry Leal Florianópolis, 2013</p>	<p>Utilizando todas etapas de pré tratamento adotadas para o estudo a utilização da membrana de nanofiltração se mostrou eficaz para tratamento de água contendo substâncias húmicas, ferro dissolvido e moderada quantidade de manganês.</p>	<p>Avaliar a eficiência de remoção de ferro, manganês e substâncias húmicas por meio de um sistema que inclui etapas, seguidas de filtração com membranas de ultrafiltração ou nanofiltração.</p>

5 DISCUSSÃO

Grande parte dos estudos citados, um total de cinco, considera a nanofiltração como uma técnica adequada ao tratamento de água para consumo, o autor Moraes (2021) propõe como recomendação aos métodos estudados por ele que a NF se torna o mais eficaz, sendo capaz de reter grande parte das impurezas, corroborando a Bueno (2013) que relata ainda em seus estudos um grande custo-benefício exercido por esse tipo de membranas.

Bueno (2013) relata em seus estudos os pontos positivos e negativos do uso da nanofiltração e a osmose inversa para tratamento de água contendo carbamatos, sendo consideradas as duas alternativas de alta eficiência para esta purificação. Revela, porém, que dentre as três principais substâncias colocadas em análise, o metomil teve uma remoção considerada baixa, explicado por sua alta solubilidade, sendo este um dos principais pontos negativos relatados, considerando que todas as membranas avaliadas não garantem a qualidade da água na presença desta substância.

A utilização das membranas NF 90 citadas nos estudos de Bueno (2013) e Camacho *et al.* (2012) eleva novamente a potencialidade da nanofiltração para o tratamento de água para consumo, referindo a comparação a demais processos por membranas, até mesmo a osmose reversa.

A sua alta eficácia se relaciona a um custo de implantação e manutenção nitidamente baixo comparado a outros sistemas, até mesmo relacionado a outras membranas produzidas de diferentes materiais, está diferença de custo referência pontos positivos para uso desta tecnologia (CAMACHO *et al.*, 2012).

Pontos negativos relacionados a instalação de membranas para tratamento de água foram citados por Bezerra (2018), Bueno (2013) e Guimarães Filho (2017) corroborando aos estudos de Felizatto (2017) que reflete na instalação deste tipo de filtração um aumento significativo no consumo de energia elétrica.

Mesmo sendo popularizado o aumento do consumo de energia os demais custos são mínimos, até mesmo para instalação do processo, o que por sua eficiência propicia um custo benefício viável e favorável à utilização. Os estudos de Guimarães Filho (2017) relatam os altos custos especialmente com eletricidade, porém, evidencia que o custo-benefício faz favorável a implantação.

Franco *et al.* (2012) utiliza para pesquisa membranas de 47mm, 3µm de porosidade, atingindo resultados positivos nas avaliações que ele realiza. O mesmo aborda o benefício do baixo custo de implantação, relacionando desvantagens como o consumo de energia elétrica alto, alterações de rendimento relacionados a turbidez da água e necessidade de pré-tratamento, embora essa relação foi um dos tratamentos abordados com mais vantagens citadas.

Alguns autores associam outros processos de tratamento a nanofiltração, obtendo resultados positivos na análise da água tratada, Amaral (2016) e Camacho *et al.* (2012) evidenciam o desempenho da NF associada ao carvão e a flotação por ar dissolvido, respectivamente. Ambos autores evidenciaram um resultado final do produto fluido adequado ao esperado, sendo o tratamento capaz de reter a maior parte da matéria, mesmo de baixo peso molecular.

O autor Leal (2013) estabelece em seus estudos diversos comparativos para o uso do pré-tratamento no processo de filtração por membranas, dentre as diversas colocações o mesmo conclui que o pré-tratamento viabiliza os custos do produto final, aumento a permeabilidade do fluido, assumindo assim um volume maior de filtrado, além do prolongamento de vida útil da membrana.

Relacionando a uso de membranas para retenção de componentes específicos os estudos de Tateoka (2014) e Brandão *et al.* (2012) se contradizem, revelando Tateoka uma alta eficácia no tratamento quando Brandão relata que existe alto índice de contaminação no material filtrado. A diferenciação é causada por protocolos distintos de tratamento e diferenciação das substâncias buscadas no produto final.

Corroborando aos estudos de Tateoka (2014) o autor Bueno (2013) também propõe a filtração para retenção de carbamatos, encontrando respostas favoráveis de igual modo especialmente para carbaril e carbofurano, e uma retenção muito menor do metanil.

Embora a maior parte dos autores cite como referência a nanofiltração estudos com a MF mostram que este processo tem alta eficácia também no tratamento de água, reduzindo diversos parâmetros que alcançam níveis necessários para ser considerada uma água potável (GUEDES, 2012).

A osmose reversa é citada por alguns autores, especialmente Bezerra (2018) como ferramenta para dessalinização, oferecendo ótimos resultados, embora com um custo muito alto de manutenção e consumo de energia faça ela perder lugar no mercado de tratamento de água doce para consumo.

6 METODOLOGIA

Se trata de um estudo de natureza descritiva e exploratória, desenvolvendo uma revisão bibliográfica. Para realizar a seleção dos artigos, foram estabelecidos os descritores: filtração por membranas, água de abastecimento, sendo estes aplicados no Google acadêmico.

Tendo como critério de inclusão, literaturas de trabalhos originais (trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses ou artigos) que estejam totalmente disponíveis de forma on-line, publicados nos últimos 10 anos e no idioma português. O resultado trouxe um nº de 25 literaturas, que foram submetidas a uma leitura flutuante para identificar concordância com a questão norteadora e alinhamento com os critérios de exclusão. Assim chegando ao nº final de 11 publicações concordantes com os objetivos do estudo, dos quais foi desenvolvida uma matriz de síntese, para categorizar os artigos selecionados em: título, autores, ano, resultados e considerações finais. Ao final deste passo, foi realizada uma análise integrativa das publicações.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as alternativas estudadas de filtração por membrana, a ultrafiltração mostrou-se a mais viável para o abastecimento público de consumo, sendo capaz de realizar uma purificação em custo-benefício adequado. As vantagens deste processo são referentes a capacidade de adaptação desse método de filtração, sendo possível aplicação em diversos tipos de efluentes e usos.

A popularização dos processos de separação por membranas é grande devido a sua variedade de uso para além da filtração de água, esta variação de aplicações é dada pela modificação dos processos, considerando os tipos de membranas, processo, configuração e material base.

A criação de leis mais rigorosas sobre os métodos de tratamento de água incentiva de modo a pesquisa da implantação da filtração por membranas, devido seu potencial mais sustentável e com resultados seguros, atendendo as expectativas e configurações necessárias, além de ter potencial adequado na filtração para reutilização, sendo positiva no cenário de crise hídrica.

REFERÊNCIAS

AMARAL, P.A.P. **Avaliação da utilização de carvão ativado em pó superfino (s-cap) associado a membrana de microfiltração (MF) na remoção de atrazina de água de abastecimento.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro tecnológico. Programa de pós-graduação multidisciplinar em saúde. Florianópolis, 2016. 189 f.

BAKER, W. R. **Membrane Technology and Applications.** John Wiley & Sons, Ltd, 2012.

BEZERRA, A.G. **Estudo da tecnologia de filtração por osmose reversa na purificação da água.** Monografia (graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-árido. Curso de ciência e tecnologia, 2018. 58 f.

BRANDÃO, M.L.L. *et al.*. Comparação das técnicas do NMP e de filtração em membrana na avaliação da qualidade microbiológica de água mineral natural. **Rev Inst Adolfo Lutz.** São Paulo, v. 71, n. 1, p. 32-9. 2012.

BUENO, M.Z. **Nanofiltração e osmose inversa aplicadas à remoção de agrotóxicos (carbamatos) em águas de abastecimento: avaliação em escala de bancada.** Dissertação (mestrado) - universidade federal de Santa Catarina. Programa de pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2013. 194 f.

CAMACHO, F.P. *et al.*. **Remoção de cianobactérias e cianotoxinas em águas de abastecimento pela associação de flotação por ar dissolvido e nanofiltração.** Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 127-138. 2012.

CHERYAN, M. **Ultrafiltration and Microfiltration Handbook**. Technomics Publishing Co. Inc. 1998.

FELIZATTO, M.R. **Tratamento de esgotos sanitários usando reator uasb seguido de microfiltração por membrana submersa**. Tese de doutorado em tecnologia ambiental e recursos hídricos. Brasília, 2017. 186 f.

FRANCO, R.M.B. *et al.*. Avaliação da performance de metodologias de detecção de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. em água destinada ao consumo humano, para o atendimento às demandas da Vigilância em Saúde Ambiental no Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 233-242, 2012.

GUEDES, T.L. **Tratamento de água de chuva através de microfiltração tangencial**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro tecnológico. Programa de pós-graduação em engenharia ambiental. Florianópolis, 2012. 98 f.

GUIMARAES FILHO, M.B.G. **Análise da implementação do sistema de membranas ultrafiltrantes em uma ETA de ciclo completo a partir do estudo de caso da ETA Meia Ponte**. Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2017. 51 f.

HOWE, K. J. *et al.*. **MWH's Water Treatment – Principles and Design**, Third Edition, John Willey & Sons, Inc., New Jersey, USA, 2012, 1901 f.

LEAL, M.J.C. **Remoção de matéria húmica aquática, ferro e manganês de águas para abastecimento por meio de coagulação, floculação, sedimentação e filtração com membranas**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2013. 159 f.

MIERZWA, J.C. *et al.*. Tratamento de Água para Abastecimento Público por Ultrafiltração: Avaliação Comparativa Através dos Custos Diretos de Implantação e Operação com os Sistemas Convencional E Convencional Com Carvão Ativado. **Eng. San. Ambiental**, v.13, n. 1, p. 78-87, 2008.

MORAES, G. **Métodos de Abrandamento de Água para Abastecimento: estudo de caso Habitasul - Jurerê Internacional**. Trabalho de conclusão de curso (graduação) -

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro tecnológico. Graduação em engenharia sanitária e ambiental. Florianópolis, 2021. 57 f.

OLIVEIRA, T.F. **Tratamento de água para abastecimento público por sistema de separação por membrana de ultrafiltração: estudo de caso na ETA Alto Boa Vista (São Paulo, SP)**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2010. 85 f.

SANTOS NEVES, J. M. C. O.; LACERDA, L. D.; SILVA-FILHO, E. V. Ultrafiltração Tangencial como Ferramenta no Estudo da Distribuição de Contaminantes em Sistemas Aquáticos. **Rev. Virtual Quim.**, v. 3, n. 2, p. 68-77, 2011.

TATEOKA, M.S.S. **Tratamento de água de abastecimento por nanofiltração e osmose inversa para remoção dos carbamatos: carbaril, carbofurano e metomil**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro tecnológico. Programa de pós-graduação em engenharia ambiental. Florianópolis, 2014. 123 f.

TELLES, J.P.G. **Avaliação teórica da utilização de membranas semipermeáveis na filtragem de efluentes líquidos**. Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica - Assessoria de Pós-graduação e Pesquisa pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS. Brasília, 2016. 30 f.