

● REVISTA

INOVA Ciência & Tecnologia

● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

UTILIZAÇÃO DE RESINAS DE TROCA IÔNICA PARA REDUÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS E TURBIDEZ

*[Ellen Deniane Jacinto Costa](#)¹; [Elisa Norberto Ferreira Santos](#)¹; [Claudia Maria Tomás Melo](#)²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberaba, Uberaba, MG, Brasil.
²Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO: A sustentabilidade é um conceito de aplicação pelo qual se buscam soluções que equilibrem os aspectos econômicos, sociais e ambientais. As empresas buscam por inovações e estratégias que visam o desenvolvimento de metodologias que utilizem e gerem a menor quantidade de materiais tóxicos e/ou inflamáveis, minimizando os riscos através do controle dos processos e, consequentemente, reduzindo gastos com tratamento de resíduos. O aumento da produção industrial tem proporcionado grandes quantidades de efluentes aquosos contaminados com íons de metais pesados que devem ser tratados antes de serem descartadas no meio ambiente. O processo de troca iônica é um sistema eficiente na remoção de íons de metais pesados de meios aquosos, sendo possível atingir o limite estabelecido para descarte em recursos hídricos conforme a resolução nº 430 do CONAMA que determina a concentração máxima de metais pesados para efluente industrial. O processo de troca iônica representa uma alternativa viável para o tratamento de água de abastecimento público e para a indústria de alimentos, devido sua capacidade de remoção de compostos químicos indesejados na água potável e em alimentos que podem causar alterações de cor, sabor e turbidez. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento de estudos científicos que evidenciam as possíveis utilizações de resinas de troca iônica em diferentes processos, tais como tratamento de água bruta e de efluentes, além da produção de cachaça, tendo como ênfase verificar alterações em relação ao pH, redução de sólidos totais e redução de turbidez após filtração em resinas. O estudo bibliográfico obtido nesta pesquisa demonstra o grande potencial para a utilização de resinas de troca iônica com intuito de redução de sólidos totais e turbidez em diferentes tipos de aplicações e processos industriais.

Palavras-chave: Água bruta. Cachaça. Capacidade de absorção. Efluentes.

USE OF ION EXCHANGE RESINS TO REDUCE TOTAL SOLIDS AND TURBIDITY



ABSTRACT: Sustainability is an application concept that seeks solutions that balance economic, social and environmental aspects. Companies are looking for innovations and strategies aimed at developing methodologies that use and manage the least amount of toxic and / or flammable materials, minimizing risks through process control and, consequently, reducing waste treatment costs. The increase in industrial production has provided a large amount of aqueous effluents contaminated with heavy metal ions that must be treated before being disposed of in the environment. The ion exchange process is an efficient system for removing heavy metal ions from aqueous media, making it possible to reach the limit established for disposal in water resources according to CONAMA Resolution No. 430 which determines the maximum concentration of heavy metals for industrial effluent. The ion exchange process represents a viable alternative for the treatment of public water supply and for the food industry, due to its ability to remove unwanted chemical compounds in drinking water and in foods that can cause changes in color, flavor and turbidity. The objective of this work was to carry out a survey of scientific studies that show the possible uses of ion exchange resins in different processes such as raw water treatment, cachaça production, among others, with an emphasis on verifying changes in relation to pH, reduction of total solids and reduced turbidity after resin filtration. The bibliographic study obtained in this research demonstrates the great potential for the use of ion exchange resins in order to reduce total solids and turbidity in different types of applications and industrial processes.

Keywords: Raw water. Cachaça. Absorption capacity. Effluents.

* Autor correspondente:
claudiamelo@iftm.edu.br

Recebido: 08/10/2020.
Aprovado: 19/05/2021.

Como citar: Costa, E. D. J., Tomas Melo, C. M., & Santos, E. N. F. (2021). Utilização de resinas de troca iônica para redução de sólidos totais e turbidez. *Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal*, 2022; 8: e0221156.
doi.org/10.46921/riict2022-1156

Editores:
Dr. Adelar Jose Fabian 
Dr. Ailton Cesar Lemes 

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento e a ampliação dos setores industriais e o foco em atender à legislação ambiental brasileira, as empresas buscam por novas tecnológicas que visam o tratamento adequado, a otimização dos processos, o reaproveitamento de resíduos e sua correta disposição no meio ambiente. Estas ações são extremamente importantes e contribuem para o desenvolvimento sustentável da sociedade (GOUVEIA, 2012).

A sustentabilidade é um conceito de aplicação crescente pelo qual se buscam soluções que equilibrem os aspectos econômicos, sociais e ambientais. A água é imprescindível como recurso natural renovável e a possibilidade de escassez de recursos hídricos, bem como o aumento da demanda, evidenciam a necessidade de um sistema eficiente de gestão deste recurso, principalmente nas indústrias de grande porte (MARTEL, 2004).

De modo geral, os efluentes industriais possuem concentrações significativas de metais pesados, fazendo necessário o tratamento para redução dos mesmos a níveis aceitáveis pela legislação brasileira. O descarte de forma aleatória, ou seja, sem o tratamento devido dos metais pesados em soluções aquosas sobre o solo ou em corpos receptores, permite que eles sejam adsorvidos por vários componentes do solo e então readsorvidos via ingestão de produtos agrícolas por animais e humanos (YAMAWAKI; SALVI, 2013).

O aumento da produção industrial tem proporcionado a geração elevada de efluentes aquosos contaminados com íons de metais pesados que geralmente são descartados em mananciais hídricos. Estas águas residuárias industriais devem ser tratadas antes de serem descartadas no meio ambiente, evitando assim a poluição ambiental (GOUVEIA, 2012).

Uma alternativa eficiente na remoção de íons de metais pesados de meios aquosos é o processo de troca iônica. Este processo consiste em passar uma solução contaminada por íons por um leito de resinas catiônicas e/ou aniônicas por meio da qual, por contato direto, os íons presentes na solução são substituídos pelos íons H⁺ presente nas resinas catiônicas ou OH⁻ presente nas resinas aniônicas. Através do tratamento por troca iônica é possível reduzir 80% da quantidade inicial do íon sulfato de efluentes ácidos de mineração, atingindo o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430/11 para a concentração de metais pesados no efluente (AMARAL, 2015).

O processo de troca iônica representa uma alternativa viável para o tratamento de água bruta de abastecimento público, sendo comprovada uma eficiência de 80% na remoção de íons como cálcio, manganês, sódio, ferro. Após este tratamento, a água se torna potável podendo ser utilizada nos processos de produção de alimentos como também pela população. Esta tecnologia pode ser aplicada amplamente na indústria de alimentos devido sua capacidade de remoção de compostos químicos indesejados em alimentos, que podem causar alterações de cor, sabor e turbidez. Souza (2012) observou redução de 70% da cor do açúcar utilizado no processo de fabricação de refrigerante após o processo de passagem por resinas de troca iônica.

Este trabalho foi desenvolvido através de consultas em bases de dados como Scielo, periódicos da CAPES e Google acadêmico. Foram realizadas leituras, compilações e transcrições textuais de autores nacionais e internacionais.

A revisão teve como objetivo evidenciar as possíveis utilizações e benefícios de resinas de troca iônica em processos industriais como tratamento de água bruta, produção de cachaça e tratamento de efluentes, visando verificar alterações positivas em relação ao pH, redução de sólidos totais e redução de turbidez após passagem do fluido pelas resinas.

DESENVOLVIMENTO

Água

A água doce é um recurso natural mas, devido ao crescente aumento da população a sua qualidade, vem sendo prejudicada devido à ausência de políticas voltadas para a sua preservação. Estima-se que anualmente cerca de 12 milhões de pessoas morram por doenças de veiculação hídrica. Segundo Merten e Minella (2002), no Brasil, cerca de 80% das internações eram por doenças causadas pela qualidade imprópria da água. Ao longo de 2017, as internações hospitalares de pacientes no Sistema Único de Saúde (SUS), em todo o país, por doenças causadas pela falta de saneamento básico e acesso à água de qualidade, geraram um custo de R\$100 milhões para o governo. Além do mais, de acordo com dados do Ministério da Saúde, ao todo, foram 263,4 mil internações. O número ainda é elevado, mesmo com o decréscimo em relação aos casos registrados no ano de 2016, quando 350,9 mil internações geraram custo de R\$129 milhões. Segundo a Organização de saúde (OMS), cada dólar investido em água e saneamento resultaria em uma economia de US\$4,3 em custos de saúde no mundo. Recentemente, organizações ligadas ao setor privado de saneamento, reunidas em São Paulo, reforçaram a teoria da economia produzida por este investimento. Pelas contas do grupo, a universalização do saneamento básico no Brasil geraria uma economia anual de R\$ 1,4 bilhão em gastos na área da saúde (GONÇALVES, 2018).

Química Verde

A Química Verde é um ramo da Química que foi definido pela primeira vez em 1991, por John Warner e Paul Anastas, membros da agência ambiental norte-americana *Environmental Protection Agency* (EPA) (PRADO, 2003).

A Química Verde, que também é conhecida como Química Limpa, é um tipo de prevenção de poluição causada por atividades na área de química. Esta estratégia visa desenvolver metodologias e/ou processos que usem e gerem a menor quantidade de materiais tóxicos e/ou inflamáveis, minimizando os riscos através do controle do processo e diminuindo os gastos com tratamento de resíduos (SILVA *et al.*, 2005).

A palavra-chave da Química Verde é redução, principalmente no que diz respeito à poluição ambiental.

Dessa forma, a Química Verde apresenta os seguintes objetivos:

- Redução de consumo de energia;
- Redução dos dejetos (materiais que são descartados na natureza);
- Redução da toxicidade;
- Redução do uso de fontes não renováveis;
- Redução dos riscos de poluição ao meio ambiente;
- Redução do uso de matéria-prima;

Para tentar resolver a problemática gerada pelas ações do homem ao longo do tempo na natureza, a Química Verde busca incessantemente o desenvolvimento de novas tecnologias e reações químicas que não gerem poluição ao meio ambiente. Para isso, existem algumas ações que são obrigatórias dentro da Química Verde:

- Utilizar reagentes alternativos e renováveis;
- Utilizar reagentes que diminuam a perda de materiais;
- Substituir solventes tóxicos;
- Aprimorar processos naturais de síntese;
- Desenvolver novas substâncias que não poluam o meio ambiente;
- Desenvolver condições para que as reações químicas tenham maior rendimento e produzam menos impurezas;
- Minimizar o consumo de energia (SILVA *et al.*, 2005).

Efluentes Industriais

Segundo a Resolução CONAMA nº 430/11, efluente é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos (BRASIL, 2011).

Efluentes industriais são os resíduos líquidos e gasosos provenientes das atividades industriais que, liberados no meio ambiente sem o devido tratamento, têm gerado efeitos danosos para toda a biodiversidade do planeta (YAMAWAKI; SALVI, 2013).

Os metais pesados estão entre os poluentes mais tóxicos. Mesmo em baixas concentrações, devido a sua solubilidade e mobilidade, acumulam-se em toda cadeia alimentar, ocasionando sérios riscos à saúde humana (MARTEL, 2004).

Segundo Sanches (2016), para as indústrias que trabalham com galvanoplastia, é interessante recuperar os metais descartados nos efluentes residuais como níquel, cobre, cromo e zinco. Um dos processos utilizados para a recuperação destes metais são as resinas de troca iônica seletivas. As resinas de troca iônica, na presença de uma solução específica, atingem um estado de equilíbrio entre os íons presentes no grupo funcional da resina e os íons da solução. A passagem do efluente por resinas de troca iônica é um método que apresenta mais vantagens do que o processo de osmose reversa, pois este não apresenta seletividade dos metais, mas sim, níveis de rejeição de acordo com os sais dissolvidos na solução.

Água de Reuso Industrial

O reuso de água de diversos processos industriais (efluentes industriais) pode ser realizado após tratamento adequado, sendo obtido, portanto, água com certo grau de qualidade para posterior reaproveitamento em linhas de produção menos exigentes e/ou em setores de jardinagem, limpeza de área externa, entre outras. Para tanto, são necessários tratamentos avançados, que variam conforme a finalidade do reuso (AMARAL, 2015).

Em busca de tecnologias limpas, o reuso da água é uma alternativa viável tanto para indústrias como para o uso doméstico, sendo um meio de economizar os recursos hídricos, conservando aqueles já disponíveis (HESPANHOL; GONÇALVES, 2014).

Segundo Hespanhol e Gonçalves (2014), conservar a água pode ser definido como práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do seu uso, atuando de maneira sistêmica na demanda e na oferta de água.

Dentre as diversas tecnologias existentes, o sistema de troca iônica é uma técnica já bastante empregada em países da Europa e da América do Norte para tratamento de efluentes com alta qualidade que já vem se estabelecendo nas indústrias brasileiras (SOUSA, 2012).

Resinas de troca iônicas: vantagens e desvantagens em relação a outros métodos de remoção de íons

As resinas de troca iônica são sintéticas, formadas por copolímero sulfonado de divinilbenzeno/estireno, na forma de partículas esféricas de diâmetro 300 a 1.180 µm. No interior da esfera, está presente uma estrutura molecular de radicais ácidos (H⁺) nas resinas catiônicas e radicais básicos (HO⁻) nas resinas aniônicas. As resinas são, portanto, classificadas em catiônicas e aniônicas (SOUSA, 2012).

O processo de deionização consiste em passar uma solução contaminada por íons por um leito de resinas. Devido ao contato direto, os íons fixos nestes radicais são substituídos pelos íons contaminantes presentes na solução. As resinas são seletivas e possuem grupos funcionais específicos e, por isso, alta seletividade por determinados íons, promovendo a separação destes de uma determinada solução e permitindo a passagem dos demais íons (SOUSA, 2012).

As resinas de troca iônica catiônica têm a função de remover os íons positivos como por exemplo, cálcio, ferro dissolvido, manganês e magnésio, substituindo-os por íons de hidrogênio H⁺ no processo denominado desmineralização. Quando o leito de resina é saturado de modo que a concentração dos íons positivos começa a aumentar significativamente, a capacidade de troca iônica pode ser restabelecida através da regeneração. O processo de regeneração geralmente consiste na passagem de uma solução de ácido clorídrico a 7% de concentração, denominada líquido regenerante pelo leito de resinas. Neste processo, os íons positivos de minerais retidos são retirados e são substituídos por íons H⁺ (WACHINSKI, 2016).

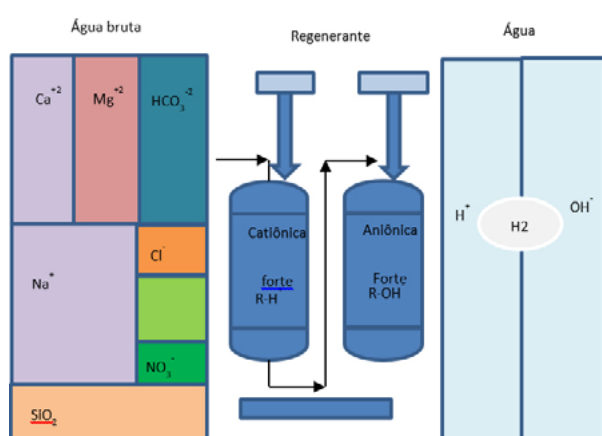
As resinas de troca iônica aniônica têm a função de remover os íons negativos, por exemplo, fluoretos, cloretos e sulfato, substituindo-os por hidroxilas OH^- no processo denominado também de desmineralização. Quando o leito de resina é saturado de modo que a concentração dos íons negativos começa a aumentar significativamente, a capacidade de troca iônica pode ser restabelecida através da regeneração. O processo de regeneração de resinas aniônicas consiste na passagem de uma solução de hidróxido de sódio a 4%, denominada líquido regenerante pelo leito de resinas. Neste processo, os íons negativos de minerais retidos são retirados e são substituídos por íons OH^- (WACHINSKI, 2016).

O sistema de troca iônica é um processo que está amplamente diversificado, podendo ser encontrado em diversas áreas de atuação como: tratamento de águas, resíduos nucleares, agricultura, metalúrgica, indústria farmacêutica e de alimentos (DOWEX, 2020).

Na Figura 1, é apresentado o esquema do processo de funcionamento das colunas de troca iônica com resinas catiônicas e aniônicas para desmineralização da água. O fluxo azul representa o processo de regeneração com líquidos regenerantes (7% de solução de ácido clorídrico e 4% de solução de hidróxido de sódio) passando pelo leito das resinas e sendo enviado para os sistemas de tratamento de efluentes (SOUSA, 2012).

As resinas das colunas de troca iônica são descartadas quando sua capacidade de remoção de íons não atende mais as necessidades do processo, ou seja, quando termina sua vida útil. Em geral, uma coluna de troca iônica tem sua vida útil de aproximadamente dois anos, após passar por sucessivos processos de regeneração. O leito de resina se satura devido ao acúmulo de íons durante o processo de deionização de qualquer meio aquoso, e ocorre a queda significativa da capacidade de troca iônica, sendo necessária a realização do processo de regeneração (WACHINSKI, 2016).

Figura 1. Processo de remoção de cargas iônicas da água bruta.



Fonte: SOUSA (2012) com modificações.

O ciclo de vida útil de uma resina pode ser determinado por dois parâmetros: a capacidade de remoção de íons, verificada através do envio de amostras para o fornecedor da resina que, através de testes realizados em seu laboratório, emite um laudo qualificando a resina

e determinando seu grau de eficiência para o processo e o tempo de utilização determinado através do número de regenerações realizadas, sendo o recomendável a troca após 312 regenerações (DOWEX, 2020).

Importância das resinas de troca iônica na remoção de íons Cu^{2+}

A cachaça é um produto destilado obtido a partir da cana-de-açúcar. Originária da Ásia, provavelmente da Índia, a cana chegou à Europa pelos mouros. Pelo Mediterrâneo, entrou na Itália e logo foi plantada em Portugal. Da Europa, os portugueses a levaram para a Ilha da Madeira e, em seguida, à nova colônia na América (ALMEIDA, 2008).

Em 2014, foram produzidos no Brasil cerca de 1,7 bilhões de litros de aguardente de cana-de-açúcar e cachaças. No entanto, menos de 1% desta produção é exportada. Uma das razões que impedem a exportação de cachaça é a falta de qualidade e padronização de parâmetros químicos (BORTOLETTO; ALCARDE, 2015).

Um dos pontos cruciais na ampliação do mercado e na valorização do produto é a melhoria de qualidade. Apesar dos grandes investimentos do setor para melhorar tecnologia e produto, persistem problemas básicos, como a presença de contaminantes na cachaça. A contaminação com cobre e carbamato de etila podem oferecer riscos para o consumo e oferece restrições para comercialização do produto no mercado interno e externo (ABRABE, 2008).

No estudo proposto por Stella (2010), as amostras das cachaças, filtradas e não filtradas, passaram por análise físico-química como graduação alcoólica, acidez volátil, ésteres totais, aldeídos, furfural e álcoois superiores, álcool metílico, carbamato de etila, acroleína, álcool sec-butilico, álcool n-butilico e cobre. Os resultados mostraram que as resinas foram eficientes na remoção de cobre, mas sem efeito sobre os demais contaminantes. Isto mostra a importância das resinas de troca iônica na remoção de metais indesejados em processos industriais e/ou na remoção destes íons em efluentes domésticos e/ou industriais. A mesma autora verificou que há influência do tipo de resina na remoção de compostos indesejáveis.

Santos (2009) realizou estudos sobre a quantificação e remoção de íons cobre em aguardente de cana-de-açúcar utilizando carvão ativo e resinas de troca iônica, sendo as resinas mais eficientes do que o carvão ativo na remoção dos íons de cobre (resina Amberlite 252 Na apresentou maior eficiência na remoção destes íons).

Uso de resinas de troca iônica para tratamento de água de abastecimento público e tratamento de efluentes

A utilização de resina de troca iônica é um método alternativo para o tratamento de água de abastecimento público e efluentes. As resinas de troca iônica podem ser utilizadas no processo de abrandamento de água potável e para o tratamento de efluentes industriais com a remoção de íons positivos e negativos (LEVINDO, 2019).

Karvat *et al.* (2018), em sua pesquisa sobre utilização de resinas de troca iônica para remoção de nitrato em águas para abastecimento público, verificaram uma

remoção de 86% do nitrato presente em amostras de água da cidade de Natal, localizada no Rio Grande do Norte. Os autores descrevem que a falta de saneamento básico em diversas regiões do Brasil tem ocasionado a contaminação de fontes de água superficiais e subterrâneas, tornando-as impróprias para o consumo humano. Uma das formas de poluição que ocorre frequentemente é o lançamento de despejos irregulares de esgoto ou efluentes industriais, que leva à infiltração de poluentes no solo e muitos destes acabam percolando. Segundo o mesmo estudo, para a remoção de íons em água bruta e/ou efluentes contendo excesso de íons, deve ser utilizada a tecnologia de filtração em colunas de troca iônica.

O controle da poluição gerada pelos efluentes líquidos industriais deve ser realizado inicialmente pela redução de perdas nos processos e do consumo de água, incluindo as lavagens. Após a otimização do processo industrial de forma geral, a poluição hídrica deve ser controlada utilizando-se um sistema eficiente de tratamento de efluentes líquidos e averiguando-se as possibilidades de reuso (TELLES; COSTA, 2010).

No estudo realizado por Guimarães (2010) sobre tratamento de efluentes ricos em sulfato, por adsorção em resinas de troca iônica, observou-se que a presença de íons sulfato em efluentes e águas industriais representa sérios problemas para diversos setores industriais, para o meio ambiente e para a saúde humana, os quais são agravados pela sua alta solubilidade em meios aquosos.

Variação do pH de amostras tratadas através de filtração por resinas de troca iônica

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre as possíveis alterações de pH em amostras de efluentes, água bruta e cachaça antes e após o processo de filtração com resinas de troca iônica, no qual observou-se que as resinas não ocasionam alterações significativas ao pH das amostras.

Na Tabela 1 é apresentado o comparativo dos resultados obtidos em relação ao pH em diferentes tipos de amostras antes e após o tratamento com resinas de troca iônica.

Tabela 1 - Resultados comparativos de pH em diferentes tipos de amostras antes e após tratamento com resinas de troca iônica.

Estudo	Autor	Variação de pH
Reuso da água após o tratamento de efluentes de uma indústria de refrigerantes	Lutterbeck <i>et al.</i> (2009)	0,46
Cachaça envelhecida e não envelhecida	Stella (2010)	N/A
Avaliação de tecnologias de tratamento para reuso de efluente na indústria de biodiesel	Afonso <i>et al.</i> (2017)	0,2

Fonte: Autor.

Lutterbeck *et al.* (2009), em seus estudos sobre reuso da água após o tratamento de efluentes de uma indústria de refrigerantes, evidenciaram uma variação de pH de 0,46

entre as amostras de efluentes antes do tratamento com resinas de troca iônica e após o tratamento.

Stella (2010) não verificou alterações no pH das amostras de cachaça envelhecida e não envelhecida ao analisar o efeito da filtração com resinas iônicas sobre a qualidade da cachaça. Durante a realização de seu estudo, foram testados diferentes tipos de resinas com capacidade de retenção de íons ativos. Não foi observado diferença significativa na concentração da maior parte dos contaminantes da cachaça, tais como metanol, carbamato de etila, acroleína, álcool *sec-* e *n-*butílico. A eficiência na remoção de cobre no tratamento por filtração com resinas foi de 42,6%, mostrando sua eficiência para remoção de cátions e ânions e não na remoção de compostos orgânicos.

No estudo realizado por Afonso *et al.* (2017), para avaliação de tecnologias de tratamento para reuso de efluente na indústria de biodiesel, houve uma variação de 0,2 no pH das amostras antes e após o tratamento por filtração com resinas de troca iônica, mostrando que este parâmetro praticamente não sofre alteração.

Percentual de redução de sólidos totais de amostras tratadas através de filtração por resinas troca iônica

Através do levantamento bibliográfico realizado sobre redução de sólidos totais em amostras de efluentes, água bruta e cachaça antes e após o processo de filtração com resinas de troca iônica, observou-se que as resinas possuem uma elevada capacidade para reduzir a quantidade inicial de sólidos totais das amostras analisadas.

A Tabela 2 apresenta o comparativo referente aos resultados obtidos em relação a redução de sólidos totais em diferentes amostras.

Tabela 2 - Resultados comparativos de redução da quantidade inicial de sólidos totais em diferentes tipos de amostras antes e após tratamento com resinas de troca iônica.

Estudo	Autor	Redução Quantidade de Sólidos Totais
Estudo redução de turbidez em água bruta utilizando as resinas troca iônica ativas	Souza (2012)	90%
Eficiência de resinas para tratamento de efluente têxtil	Holtz <i>et al.</i> (2005)	39%
Avaliação de tecnologias de tratamento para reuso de efluente na indústria de biodiesel	Afonso <i>et al.</i> (2017)	76%

Fonte: Autor.

Holtz *et al.* (2005), ao analisarem a eficiência de resinas para tratamento de efluente têxtil, observaram uma redução na quantidade de sólidos totais em amostras filtradas com resinas de troca iônica de 39%, enquanto no estudo realizado por Afonso *et al.* (2017), para avaliação de tecnologias de tratamento para reuso de efluente na indústria de biodiesel, os autores obtiveram resultados superiores aos obtidos na pesquisa de Holtz *et al.* (2005) que verificaram uma redução de

sólidos totais de 76% das amostras tratadas por filtração com resinas de troca iônica.

No estudo com amostras de água bruta para indústria de alimentos antes e após o processo de filtração, utilizando resinas de troca iônica ativas, Souza (2012) verificou que as resinas têm a capacidade de remoção de sólidos totais de 90%.

Percentual de redução de turbidez de amostras tratadas através de filtração por resinas de troca iônica

Os resultados obtidos no levantamento bibliográfico sobre redução de turbidez em amostras de efluentes, água bruta e cachaça antes e após o processo de filtração com resinas de troca iônica mostram que as resinas possuem uma capacidade para reduzir a quantidade inicial de turbidez das amostras analisadas.

A Tabela 3 apresenta comparativo dos resultados obtidos em relação a redução de turbidez por diferentes tipos de amostras e autores.

Tabela 3 - Resultados comparativos de redução da quantidade inicial de turbidez em diferentes tipos de amostras antes e após tratamento com resinas de troca iônica.

Estudo	Autor	Redução de Turbidez
Reuso da água após o tratamento de efluentes de uma indústria de refrigerantes	Lutterbeck <i>et al.</i> (2009)	50%
Avaliação de tecnologias de tratamento para reuso de efluente na Indústria de Biodiesel	Afonso <i>et al.</i> (2017)	73%
Estudo redução de turbidez em água bruta utilizando as resinas troca iônica ativas	Souza (2012)	70%

Fonte: Autor.

Segundo Lutterbeck *et al.* (2009), ao analisar o reuso da água após o tratamento de efluentes de uma indústria de refrigerantes, foi evidenciado uma redução de turbidez de 50% nas amostras tratadas com resinas de troca iônica.

No estudo realizado por Afonso *et al.* (2017), para avaliação de tecnologias de tratamento para reuso de efluente na indústria de biodiesel, houve uma redução de turbidez de 73% das amostras tratadas por filtração com resinas de troca iônica.

No estudo realizado por Souza (2012), com amostras de água bruta para indústria de alimentos antes e após o processo de filtração, utilizando resinas de troca iônica ativas, verificou-se uma remoção da turbidez inicial de 70%.

Conforme descrito na literatura (AFONSO *et al.* 2017; SOUZA, 2012; LUTTERBECK *et al.*, 2009; HOLTZ *et al.*, 2005), as resinas de troca iônica têm se mostrado eficientes na remoção de sólidos e turbidez em diferentes processos industriais.

Medeiros (2017) realizou estudo do “abrandamento” da água de uma unidade industrial via troca iônica

em conjunto com filtros de sedimento e carvão ativado e verificou que o sistema apresentou 56% de remoção de cobre, 85% de Cálcio na forma de Carbonato de cálcio e 98% de cloro para volume específico de água.

As empresas tendem a buscar pela implementação da química verde como estratégia de trabalho, o que na maioria das vezes, gera lucros, sejam eles diretos ou indiretos, e ainda contribuem para um ambiente mais limpo. Neste sentido, esta pesquisa mostra que a utilização de resinas de troca iônica utilizadas como elemento filtrante reduz sólidos totais e turbidez em processos industriais, evitando o envio de efluentes com alta concentração de sólidos e/ou metais pesados para corpos receptores, contribuindo, assim, para diminuir a poluição ou degradação ambiental, preservando recursos para as próximas gerações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal contribuição da presente revisão bibliográfica, obtida nesta pesquisa, foi demonstrar o grande potencial para a utilização de resinas de troca iônica com objetivo de redução de sólidos totais e turbidez em diferentes tipos de aplicações e processos industriais.

Frente à realidade dos problemas ambientais de degradação, acúmulo de resíduos industriais na natureza, bem como a necessidade de ampliação da visão estratégica de inovações nos processos, a implantação da coluna de troca iônica como meio filtrante no processo industrial seria uma importante atitude para as empresas, tendo como base a química verde.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG e ao IFMT pelo apoio recebido durante à pesquisa e à professora Elisa Norberto Ferreira Santos pelo apoio durante à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABRABE. **Associação Brasileira de Bebidas**. 2008. Disponível em: <http://www.Abrabe.org.br>. Acesso em: 20 set. 2020.

AFONSO. L. F.; YOKOYAMA. L.; CAMMAROTA. M. C. Avaliação de Tecnologias de Tratamento para Reuso de Efluente na Indústria de Biodiesel. In: CONGRESSO ABES, 2017. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2018/12/II-208.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

AMARAL, S. P. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica nas empresas**: como entender, medir e relatar. São Paulo: Tocalino Ltda., 2005. p. 126.

ALMEIDA, R. **História da Cachaça**: Um cálice de história. Disponível em: <http://www.cachaca.com.br/frmcachaca.html>. Acesso em: 23 set.2008.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente** (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Brasília (DF): [s.n.], 2011.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Assessment of chemical quality of Brazilian sugar cane spirits and cachaças. **Food Control**, Guildford, v. 54, p. 1–6, ago. 2015.

DOWEX. **Ion-Exchange Resins Water Conditioning Manual L**. 2020. Disponível em: <https://www.lenntech.com/Data-sheets/Dowex-Ion-Exchange-Resins-Water-Conditioning-Manual-L.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2020.

GONÇALVES, C. Doenças ligadas à falta de saneamento geram custo de R\$100 mil ao SUS. **Agência Brasil**. 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2018-09/doencas-ligadas-falta-de-saneamento-geram-custo-de-r-100-mi-ao-sus>. Acesso em: 12 abr. 2021.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.17, n.6, p.1503 - 1510 fev., 2012.

HESPANHOL, I; GONÇALVES, O. M. **Manual de conservação e reuso de água para a indústria**. 2014. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2018.

HOLTZ, R. D.; SOARES, F. Q.; BARBOSA, D. P.; OLIVEIRA, S. B.; RABELO, D. Reaproveitamento de resinas de Troca Iônica no Tratamento Fotocatalítico de Efluente Têxtil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 8, 2005, Campinas. **Anais [...]**. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 2005.

KARVAT, M.; AMARAL, K. J.; MENZEL, U. B. Utilização de Resinas de Troca Iônica para Remoção de Nitrato em Águas para Abastecimento Público. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 14, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2018.

LEVINDO, A. S.; SILVA, G. M.; MARINHO, P. H. O.; TERAN, F. J. C. Remoção de Dureza Total de Água Subterrânea por Meio de um Reator de Resina de Troca Catiônica Fluidizada. In: CONGRESSO ABES FENASAN, 30, 2019, São Paulo. **Anais [...]**. Goiânia: Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, 2019.

LUTTERBECK, C. A.; MACHADO, E. L.; CEOLIN, M. M.; LARA, L. R. S.; MUELLER, D. Reúso da Água após o Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Refrigerantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25, 2009, Recife. **Anais [...]**. Pernambuco: Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul – RS., 2009.

MARTEL, A. B. **El agua. Calidad y tratamiento para consumo humano**. Manual I, Plantas de Filtración Rápida. Lima: HPE/CEPIS/OPS, 2004. 597 p.

MEDEIROS, I. M. A. F de. **Abrandamento de águas via troca iônica**. 2018. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias

hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural e Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, out./dez 2002.

PRADO, A. C. S. Química verde, os desafios da química no novo milênio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

SANCHES, D.J.C. **Tratamento de Efluentes de Indústrias Galvânicas**. 2016. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química), Faculdades Oswaldo Cruz São Paulo, São Paulo, 2016.

SANTOS, M. C. R dos. **Quantificação e remoção de íons de cobre em aguardente de cana-de-açúcar**. São Caetano do Sul, SP: IMT-CEUN, 2009. 65 p.

SILVA, F.M; LACERDA, P. S. B; JUNIOR, J.J. **Química Nova**. São Paulo. v. 28, n. 1, p. 36 - 55, 2005.

SOUSA, A. B. **Conceitos Básicos Operação Resinas Iônicas**. Apostilha Rohm and Haas Química LTDA. Jacareí (SP): [s.n.], 2012.

STELLA, F. M. **Efeito da Filtração com Resinas Iônicas sobre a Qualidade da Cachaça**. Paraná, 2010. 98 f. Dissertação de Mestrado (Tecnologia de Alimentos do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TELLES, D. D., COSTA, R. P. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2010.

WACHINSKI, A. M. **Environmental Ion Exchange Principles and Design**. 2. ed. Flórida (EUA): Editora Taylor & Francis Group, 2016.

YAMAWAKI, Y.; SALVI, L. T. **Introdução à Gestão do Meio Ambiente**. 2. ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2013. p. 50 – 103.