

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ÁGUA: UMA ABORDAGEM COM COAGULANTES NATURAIS

Michelle Silva Santos, Universidade Federal do Amapá, michelle6sts@gmail.com
Milena Martins da Silva, Universidade Federal do Amapá, silvamm744@gmail.com
Karina Cardoso Valverde, Universidade Federal do Amapá, karina.valverde@unifap.br
Lina Bufalino, Universidade Federal Rural da Amazônia, linabufalino@yahoo.com.br

Resumo

Devido ao aumento da poluição dos recursos hídricos e às preocupações com a saúde humana, o tratamento convencional da água tornou-se essencial. A primeira etapa desse processo, a coagulação, utiliza produtos químicos. No entanto, estudos exploram o uso de coagulantes naturais, também conhecidos por biocoagulantes, por se destacarem devido à sua grande disponibilidade, baixo custo e por não causarem danos ao meio ambiente. Esta revisão objetivou identificar estudos recentes sobre os coagulantes naturais que têm demonstrado eficácia no tratamento de água. A pesquisa abrangeu fontes como portal de periódicos da CAPES, Scielo, ScienceDirect, Google Scholar e bibliotecas digitais universitárias. Os resultados evidenciaram que todos os coagulantes naturais apresentaram ótimas eficiências na remoção da turbidez da água: *Solanum tuberosum* (batata) com 93,3%, *Moringa oleifera* com 88,9%, *Cactus opuntia* (cacto) com 89,6%, *Aloe vera* (babosa) com 89,2%, quitosana de conchas de berbigão com 81,0%, pectina da laranja com 99,7% e o *Macrobrachium rosenbergii* (camarão) com 87,6%. Com exceção do camarão, todos apresentam-se em conformidade com os padrões da Organização Mundial da Saúde, que permite turbidez de até 5 NTU para consumo humano. Consequentemente, confirma-se a eficácia e o potencial para desenvolvimento de tecnologia verde.

Palavras-chave: Biocoagulantes, Coagulação/floculação, Clarificação de água.

1. Introdução

O aumento significativo da população global e o rápido avanço industrial em diversos países têm exercido pressão sobre o meio ambiente, resultando na expansão desenfreada da urbanização e na intensificação da industrialização. Esse cenário tem contribuído diretamente para a degradação dos ecossistemas naturais, incluindo impactos negativos nos recursos hídricos.

A água potável é um recurso vital que desempenha um papel fundamental na vida diária e na manutenção da saúde do ser humano. No entanto, o Brasil embora seja um país rico em recursos hídricos, muitas pessoas ainda enfrentam a dura realidade de não possuir acesso regular à água tratada.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Essa situação é maior especialmente nas regiões Norte e Nordeste do país, bem como em áreas rurais, onde a carência de saneamento básico é mais notada, principalmente por motivos de custos, distâncias e falta de infraestrutura.

O processo de tratamento convencional de água é composto por diversas etapas que visam garantir a remoção eficaz de impurezas e contaminantes da água, tornando-a segura para o consumo humano. Essas etapas incluem: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. A primeira etapa, a coagulação, é comumente realizada com o uso de produtos químicos sintéticos. Porém, diversos estudos exploram o uso de coagulantes naturais, conhecidos também por biocoagulantes, para serem usados no processo de clarificação da água.

Esses coagulantes naturais podem ser derivados de plantas, sementes, raízes e outras fontes vegetais, e têm ganhado destaque devido à sua grande disponibilidade, baixo custo e por ser ecologicamente correto.

Assim, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura, com o propósito de identificar coagulantes naturais que se destacam como alternativas viáveis e ecologicamente corretas para o tratamento de água.

Nesse contexto, esta pesquisa se justifica pela necessidade de encontrar soluções acessíveis e sustentáveis para o tratamento de água, especialmente em regiões com recursos limitados, contribuindo assim para a melhoria do acesso à água potável.

2. Fundamentação teórica

A água é um elemento essencial, constituindo uma necessidade primordial para a sobrevivência da humanidade. Ela desempenha um papel central na sustentação das funções orgânicas do corpo humano e é indispensável para uma variedade de atividades, incluindo higiene pessoal e saneamento. Essas atividades, por sua vez, resultam na produção de efluentes o que ressalta a necessidade do tratamento adequado para assegurar a estabilidade e a continuidade do fornecimento de água (KURNIAWAN et al., 2022).

Conforme Costa (2022), devido ao aumento da poluição dos recursos hídricos e às preocupações com a saúde humana, tornou-se necessário que a água seja submetida a um processo de tratamento, realizado de maneira convencional em uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Esse processo compreende diversas etapas, incluindo coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, com o objetivo de assegurar que a água esteja em conformidade com os padrões de potabilidade e seja segura para o consumo humano.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece diretrizes para a garantia da qualidade da água, visando assegurar a sua segurança e adequação. No contexto brasileiro, o Anexo XX da Portaria GM/MS nº 888, datada de 04 de maio de 2021, trata especificamente

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

do controle e da vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, estabelecendo os padrões de potabilidade (BRASIL, 2021).

As etapas de coagulação e floculação são fundamentais na redução da turbidez da água, alcançada através da introdução de coagulantes, comumente sais de alumínio e ferro. Após a adição dos coagulantes em condições de agitação rápida, as partículas têm a oportunidade de se unir, formando aglomerados maiores conhecidos como flocos. A etapa subsequente, de agitação mais suave, promove a agregação contínua dos flocos insolúveis, resultando em seu aumento gradual de tamanho, processo chamado de floculação. Consequentemente, os flocos se sedimentam no fundo da unidade, originando a formação de um lodo químico (CHIAVOLA et al., 2023).

Após as etapas de coagulação e floculação, é necessário proceder à remoção das impurezas. A decantação desempenha um papel crucial, como descrito por Lacerda, Rader e Lopes (2019), permitindo que os flocos gerados previamente se depositem no fundo do decantador, efetuando assim, a eliminação de partículas indesejadas da água.

Em seguida, o processo de filtração assume a tarefa de reter os flocos que não sedimentaram durante a fase anterior, além de ter um papel vital na eliminação de microrganismos. Conforme mencionado por Lima et al. (2014), essa remoção é possível graças ao uso de filtros contendo areias de diferentes granulometrias.

Por fim, a desinfecção encerra o ciclo do tratamento convencional, visando à completa erradicação dos microrganismos ainda presentes na água. O cloro, amplamente empregado para essa finalidade, conforme dito por Costa (2022), desempenha uma função essencial na garantia da qualidade microbiológica da água tratada.

Conforme mencionado na literatura, os coagulantes usados no processo da coagulação, são caracterizados como substâncias químicas convencionais que têm como base frequentemente elementos de alumínio ou de ferro. Entre os exemplos de coagulantes inorgânicos citados estão o cloreto férrico (FeCl_3), o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), o sulfato ferroso (FeSO_4), os polieletrólitos, entre outros (GANDIWA et al., 2020).

A utilização de coagulantes químicos no tratamento de água resulta em impactos negativos nos gastos operacionais, nos custos relacionados à manutenção e na produção considerável de resíduos sólidos, conhecidos como lodo. Portanto, a adoção de coagulantes naturais emerge como uma alternativa que pode não apenas reduzir significativamente os gastos com produtos químicos, mas também minimizar drasticamente a produção de lodo, resultando em uma demanda menor por processos de eliminação (DEHGHANI e ALIZADEH, 2016).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Estudos têm apontado uma conexão entre o acúmulo excessivo de alumínio no corpo humano, particularmente no cérebro, e a ocorrência acentuada de doenças neurotóxicas (EXLEY e MOLD, 2019). Além disso, Chagas e Faria (2022), abordam que a utilização destes coagulantes químicos pode estar correlacionada com o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas, como Parkinson e Alzheimer. Por outro lado, os coagulantes naturais são isentos de toxicidade e não representam ameaças à saúde humana.

De acordo com Cartaxo et al. (2022) no Brasil, apesar da abundância de recursos hídricos, mais de 35 milhões de pessoas carecem de acesso à água tratada, sendo a situação mais crítica nas regiões Norte e Nordeste, especialmente em áreas rurais. Desafios como custos elevados, distâncias consideráveis e escassez de recursos tornam economicamente inviável o fornecimento de água tratada em áreas remotas e pouco povoadas do país.

Muitos coagulantes, sejam eles de origem sintética ou natural, demonstraram eficácia no processo de coagulação. Os coagulantes naturais foram identificados décadas antes da disseminação dos coagulantes químicos. No entanto, nos últimos tempos, os coagulantes químicos conquistaram uma notável popularidade, apesar de suas desvantagens evidentes, como custos elevados e a geração de produtos químicos tóxicos. Isso, por sua vez, conduziu a um retorno ao uso de coagulantes naturais, reconhecidos por seus custos acessíveis e seu perfil ecologicamente correto (EL-TAWEEL et al., 2023).

A incorporação de biocoagulantes no tratamento de água potável e efluentes oferece uma série de vantagens notáveis. Entre as principais vantagens que podem ser atribuídas ao uso dessas substâncias, destaca-se a sua característica de tecnologia ecologicamente responsável, desempenho confiável, capacidade de redução de resíduos e utilização de recursos locais, aplicabilidade em regiões remotas, minimização da produção de lodo e o potencial aproveitamento dos subprodutos como condicionadores de solo e fertilizantes (KURNIAWAN et al., 2022).

De acordo com Kurniawan et al. (2020), os biocoagulantes podem ser classificados com base em três origens principais: biocoagulantes de origem animal, de origem vegetal e de origem microbiana.

Lima, Almeida e Vicentini (2020) enfatizam que os coagulantes naturais desempenham um papel fundamental no tratamento de água e efluentes, impactando positivamente nos três pilares do desenvolvimento sustentável: meio ambiente, sociedade e economia.

Segundo Valverde e Santos (2022), os coagulantes de origem natural destacam-se como uma opção sustentável, de custo acessível, ecológica e facilmente disponível. Consequentemente, representam-se como uma alternativa viável para substituir parcial ou integralmente os coagulantes inorgânicos convencionais (VALVERDE et al., 2018).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Deste modo, o objetivo desta pesquisa foi realizar uma revisão abrangente da literatura com o intuito de identificar os coagulantes naturais que têm demonstrado eficácia no tratamento de água, enfatizando seu potencial como uma alternativa viável e ecológica.

3. Metodologia

Esta pesquisa constitui uma revisão integrativa da literatura que se concentra na análise do uso de coagulantes naturais para o tratamento da água.

O período delimitado das análises abrangeu os últimos cinco anos e a pesquisa foi conduzida através da consulta de diversas fontes de informação, incluindo o portal de periódicos da CAPES, Scielo, ScienceDirect, Google Scholar, periódicos científicos e bibliotecas digitais de Universidades.

A seleção dos trabalhos a serem avaliados foi orientada pelo sucesso alcançado com o uso de coagulantes naturais em processos de tratamento de água. Os dados coletados foram tabulados, enfatizando o tipo de biopolímero empregado em cada ensaio, as condições operacionais adotadas, a dosagem dos coagulantes, a origem da água, a turbidez inicial e final, bem como a eficácia na remoção da turbidez observada após cada experimento.

4. Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados detalhados referente à origem da água e das condições operacionais de cada coagulante natural empregado nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

Tabela 1. Condições de operação.

Coagulante natural	Fonte da água	Condições de Operação				
		VMR ⁽¹⁾	TMR ⁽²⁾	VML ⁽³⁾	TML ⁽⁴⁾	TS ⁽⁵⁾
<i>Solanum tuberosum</i> (batata) ⁽⁶⁾	água superficial	100	1	40	20	10
<i>Moringa oleifera</i> ⁽⁷⁾	água bruta	200	2	20	10	30
<i>Cactus opuntia</i> (cacto) ⁽⁷⁾	água bruta	200	2	20	10	30
<i>Aloe vera</i> (babosa) ⁽⁸⁾	água bruta	160	3	30	20	30
Quitosana de conchas de berbigão ⁽⁹⁾	água subterrânea	120	1	60	10	30
Pectina da laranja ⁽¹⁰⁾	água sintética	200	5	40	30	30
<i>Macrobrachium rosenbergii</i> (camarão) ⁽¹¹⁾	água residuária	150	2	40	30	30

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

- (1) VMR: velocidade de mistura rápida em rotações por minuto (rpm).
- (2) TMR: tempo de mistura rápida em minutos (min).
- (3) VML: velocidade de mistura lenta em rotações por minuto (rpm).
- (4) TML: tempo de mistura lenta em minutos (min).
- (5) TS: tempo de sedimentação em minutos (min).
- (6) CASO, QUISPE e DEUDOR (2021).
- (7) GANDIWA et al. (2020).
- (8) BENALIA et al. (2021).
- (9) SISWOYO et al. (2023).
- (10) KEBAILI et al. (2018).
- (11) IBER et al. (2023).

Ressalta-se que as características da água a ser tratada exercem influência significativa no desempenho ao processo de tratamento (KURNIAWAN et al., 2022). Da mesma forma, conforme observado por Kenea et al. (2023), as condições operacionais desempenham um papel fundamental no processo de clarificação da água, pois também influenciam diretamente no grau de remoção dos poluentes presentes na água.

A Tabela 2 apresenta os detalhes sobre as dosagens empregadas em cada coagulante natural, a turbidez inicial e final da água, assim como a sua eficiência de remoção após o processo de coagulação, floculação e sedimentação.

Tabela 2. Coagulantes x turbidez da água.

Coagulante natural	Dosagem de coagulante mg/L	Turbidez		
		Inicial (NTU) ⁽¹⁾	Final (NTU) ⁽¹⁾	Eficiência de remoção (%)
<i>Solanum tuberosum</i> (batata) ⁽²⁾	50	8,5	0,5	93,3
<i>Moringa oleifera</i> ⁽³⁾	50	29,0	3,2	88,9
<i>Cactus opuntia</i> (cacto) ⁽³⁾	55	29,0	3,0	89,6
<i>Aloe vera</i> (babosa) ⁽⁴⁾	2,5	13,0	1,4	89,2
Quitosana de conchas de berbigão ⁽⁵⁾	200	23,7	4,5	81,0
Pectina da laranja ⁽⁶⁾	6	500,0	1,6	99,7
<i>Macrobrachium rosenbergii</i> (camarão) ⁽⁷⁾	20	81,0	10,0	87,6

(1) NTU: Unidade nefelométrica de turbidez.

(2) CASO, QUISPE e DEUDOR (2021).

(3) GANDIWA et al. (2020).

(4) BENALIA et al. (2021).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

(5) SISWOYO et al. (2023).

(6) KEBAILI et al. (2018).

(7) IBER et al. (2023).

Os resultados apresentados da Tabela 2 demonstram a eficácia dos coagulantes naturais na clarificação da água. Em geral, todos os coagulantes naturais mostraram eficiências entre 80 a 99%, tornando-os como alternativas eficazes no tratamento de água. Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Kurniawan et al. (2022), os quais afirmam que os biocoagulantes têm o potencial de atingir eficiências de remoção de poluentes semelhantes ou até superiores às dos coagulantes químicos usados de forma convencional.

Vale ressaltar que a quantidade da dosagem utilizada no ensaio influencia o processo de coagulação e floculação no tratamento de água, podendo afetar a eficácia na remoção de contaminantes da água em tratamento (KЕНEA et al., 2023).

O ensaio que utilizou a fécula da batata (*Solanum tuberosum*), apresentou ótimo resultado. Com uma dosagem de 50 mg/L, obteve 93,3% de remoção de uma turbidez inicial de 8,5 NTU, resultando em uma turbidez final de apenas 0,5 NTU. Esses resultados apontam que as condições investigadas por Caso, Quispe e Deudor (2021) foram altamente eficazes no processo de tratamento de água.

A *Moringa oleifera* demonstrou sua eficácia como coagulante natural no tratamento de água ao se utilizar uma dosagem de 50 mg/L, atingindo 88,9% de remoção de turbidez, deixando a água bruta com turbidez final de 3,2 NTU. Resultados semelhantes foram observados por Valverde et al. (2014), que também apresentou resultados satisfatórios com a mesma dosagem de 50 mg/L, alcançando uma taxa de eficiência na remoção de 81,2% de turbidez da água. Esses resultados, evidenciam ainda mais que a *Moringa oleifera* é uma alternativa confiável e promissora no processo de clarificação.

Observou-se que o resultado do coagulante natural cacto (*Cactus opuntia*), resultou em 89,6% de remoção da turbidez. Com dosagem atribuída de 55 mg/L, alcançou turbidez de 3,0 NTU em uma água bruta inicial de 29,0 NTU. Gandiwa et al. (2020) indicam que a capacidade de coagulação do cacto (*Cactus opuntia*) é resultado da mucilagem viscosa presente tanto nas vagens internas quanto externas da planta e além disso, a presença de ácido galacturônico é crucial para melhorar a sua eficácia de coagulação.

O estudo conduzido por Benalia et al. (2021), com o coagulante natural babosa (*Aloe vera*), conseguiu remover 89,2% de turbidez de água bruta, que inicialmente possuía uma turbidez de 13,0 NTU, alcançando a turbidez final de 1,4 NTU. Este estudo experimental comprovou que a *Aloe vera* pode ser usada como coagulante natural viável para o tratamento de água potável.

A quitosana derivada de conchas de berbigão, um molusco bivalve marinho, obteve bom desempenho ao remover 81% da turbidez da água subterrânea. Com uma dosagem de 200 mg/L, reduziu a turbidez de 23,7 NTU para 4,5 NTU. Segundo Siswoyo et al. (2023), a quitosana é um polissacarídeo obtido pela desacetilação da quitina, sendo o segundo

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

polissacarídeo mais abundante na natureza, logo após a celulose, o que ressalta sua grande abundância.

No ensaio experimental em que foi empregada a pectina extraída dos resíduos da laranja, obteve excelente resultado na clarificação da água. Com uma dosagem mínima de 6 mg/L, a água sintética que inicialmente possuía uma turbidez de 500,0 NTU, foi reduzida para 1,6 NTU, indicando uma ótima eficiência de 99,7% na remoção desse parâmetro. As matérias-primas extraíveis, como a pectina, podem ser usados como coagulantes naturais para tratamento de água com baixo impacto ambiental e além disso, oferecem oportunidades para o desenvolvimento econômico sustentável, como a valorização de resíduos (KEBAILI et al., 2018).

Iber et al. (2023), utilizaram a quitosana proveniente do camarão (*Macrobrachium rosenbergii*) como biocoagulante e obtiveram resultados promissores. A aplicação da quitosana do camarão resultou na redução da turbidez da água residuária inicial de 81,0 NTU, para um valor final de 10,0 NTU, com uma dosagem de 20 mg/L, o que resultou em uma remoção de 87,6 % de turbidez. Os resultados destacam que a quitosana obtida a partir do camarão tem potencial para ser uma alternativa viável em substituição ao coagulante químico no tratamento de águas residuárias.

5. Conclusões

Conclui-se que todos os coagulantes naturais apresentados neste estudo demonstraram eficiências notáveis na remoção de turbidez da água, resultando em cada ensaio baixa turbidez final: *Solanum tuberosum* (batata) - 0,5 NTU, *Moringa oleifera* - 3,2 NTU, *Cactus opuntia* (cacto) - 3,0 NTU, *Aloe vera* (babosa) - 1,4 NTU, quitosana de conchas de berbigão - 4,5 NTU, pectina da laranja - 1,6 NTU e o *Macrobrachium rosenbergii* (camarão) - 10,0 NTU. É importante observar que, com exceção do *Macrobrachium rosenbergii* (camarão), todos os resultados apresentam-se dentro da faixa permitida pela Organização Mundial da Saúde que estabelece padrões de potabilidade para água apropriada para consumo humano, com turbidez de até 5 NTU. A turbidez resultante do uso do *Macrobrachium rosenbergii* (camarão), pode ser reduzida com a implementação de uma etapa de filtração, a fim de alcançar o nível aceitável.

Dessa forma, este artigo cumpriu com sucesso seu objetivo de identificar coagulantes naturais eficazes no processo de tratamento de água, especificamente nas etapas de coagulação/floculação e sedimentação, afirmando seu potencial para desenvolver tecnologias verde ecologicamente corretas.

Sugere-se como continuidade do trabalho a realização de novos estudos abrangendo os demais parâmetros de qualidade da água, a fim de avaliar se também estão em conformidade com a legislação vigente, garantindo a segurança para o consumo humano.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

6. Agradecimentos

Nossa gratidão à PROBIC/UNIFAP pela bolsa de pesquisa concedida.

7. Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 mai. 2021. Edição 85, Seção 1, p.127.

BENALIA, A.; DERBAL, K.; KHALFAOUI, A.; BOUCHAREB, R.; PANICO, A.; GISSONNI, C.; PIZZI, A. Uso de Aloe vera como coagulante orgânico para melhorar a qualidade da água potável. *Água*, v. 13, n. 15, p. 2024, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13152024>

CARTAXO, A. S. B.; LEITE, V. D.; ALBUQUERQUE, M. V. C.; RODRIGUES, R. M. M.; AMORIM, J. S. de; CAVALCANTI, I. L. R. Ultrafiltração por gravidade como alternativa para tratamento de água no ponto de uso: uma revisão. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 13, n. 5, p. 110-122, 2022. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0009>

CASO, G. M.; QUISPE, K. A. O.; DEUDOR, L. L. V. **Aplicação de amido de Solanum tuberosum (batata) como coagulante natural no tratamento de água da lagoa Punnún – Peru**. 2021. 9 f. Tese (Engenharia Ambiental) – Universidad Continental, Huancayo, Peru, 2021.

COSTA, S. B. G. da. **Processo de tratamento de água de uma ETA na cidade de Cuiabá-MT**. 2022. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2022.

CHAGAS, G. H.; FARIA, M. L. de. Utilização do polímero natural do quiabo (*abelmoschus esculentos* L. Moench) no tratamento de água de abastecimento humano. *Estudos em Ciências da Educação*, v. 3, n. 1, p. 137-148, jan./mar.,2022. DOI: <https://doi.org/10.54019/sesv3n1-009>

CHIAVOLA, A.; MARCANTONIO, C. D.; D'AGOSTINI, M.; LEONI, S.; LAZZAZZARA, M. Uma abordagem de modelagem experimental combinada para otimização da remoção de

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

turbidez em uma unidade de coagulação-floculação de uma estação de tratamento de água potável. **Revista de Controle de Processos**, v. 130, p. 103068, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2023.103068>

DEHGHANI, M.; ALIZADEH, M. H. Os efeitos do coagulante natural Moringa oleifera e do alumínio no tratamento de águas residuais na Refinaria de Petróleo Bandar Abbas. **Revista de Engenharia e Gestão de Saúde Ambiental**, v. 3, n. 4, p. 225-230, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15171/EHEM.2016.24>

EL-TAWEEL, R. M.; MOHAMED, N.; ALREFAEY, K. A.; HUSIEN, S.; ABDEL-AZIZ, A. B.; SALIM, A. I.; RADWAN, A. G. Uma revisão da coagulação explicando sua definição, mecanismo, tipos de coagulantes e modelos de otimização. **Pesquisa Atual em Química Verde e Sustentável**, p. 100358, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2023.100358>

EXLEY, C.; MOLD, M. J. Correction to: Aluminium in human brain tissue: how much is too much?. **Journal of Biological Inorganic Chemistry**, v. 24, p. 1283-1283, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00775-019-01710-0>

GANDIWA, B. I.; MOYO, L. B.; NCUBO, S.; MAMVURA, T. A.; MGUNI, L. L.; HLABANGANA, N. Otimização do uso de uma mistura de coagulantes naturais e sintéticos à base de plantas para o tratamento de água: (Moringa Oleifera-Cactus Opuntia-alum blend). **Revista Sul-Africana de Engenharia Química**, v. 34, p. 158-164, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2020.07.005>

IBER, B. T.; TORSABO, D.; CHIK, C. E. N. C. E.; WAHAB, F.; ABDULLAH, S. R. S.; HASSAN, H. A.; KASAN, N. A. Abordagem da Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) para Otimização da Coagulação-Floculação do Tratamento de Efluentes da Aquicultura Usando Quitosana da Carapaça do Camarão Gigante de Água Doce *Macrobrachium rosenbergii*. **Polímeros**, v. 15, n. 4, p. 1058, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15041058>

KEBAILI, M.; DJELLALI, S.; RADJAI, M.; DROUICHE, N.; LOUNICI, H. Valorização de resíduos da indústria da laranja para formação de coagulante e adsorvente natural. **Revista de Engenharia Industrial e Engenharia Química**, v. 64, p. 292-299, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.03.027>

KENEA, D.; DENEKEW, T.; BULTI, R.; OLANI, B.; TEMESGEN, D.; SEFIW, D.; MEKONIN, W. Investigação do tratamento de águas superficiais utilizando sementes misturadas de Moringa oleifera e plantas de Aloe vera como coagulantes naturais. **Revista**

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Sul-Africana de Engenharia Química, v. 45, p. 294-304, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.06.005>

KURNIAWAN, S. B.; ABDULLAH, S. R. S.; IMRONET, M. F.; DISSE, N. S. M.; ISMAIL, N.; HASAN, H. A.; OTHMAN, A. R.; PURWANTI, I. F. Desafios e oportunidades da aplicação de biocoagulantes/biofloculantes para o tratamento de água potável e efluentes e seu potencial para recuperação de lodo. **Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública**, v. 17, n. 24, p. 9312, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17249312>

LACERDA, A. B.; RADER, A. S.; LOPES, E. S. A eficiência de remoção de coliformes em uma estação de tratamento de água convencional / The efficiency of coliform removal in a conventional water treatment plant. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 6, p. 7523-7359, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n6-2104>

LIMA, P. R.; ALMEIDA, I. V.; VICENTINI, V. E. P. Os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento de água: uma revisão. **Evidência**, v. 20, n. 1, p. 9-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18593/eba.24704>

LIMA, R. R.; MARTINS, R. A.; BUENO, K. L.; MEDEIROS, C. O.; DIEL, J. V.; RODRIGUES, L. M.; SOUZA, T. R. Granulometria de areias de filtros industriais para o tratamento de água de processo. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Florianópolis. 2014.

SISWOYO, E.; ZAHRA, R. N.; MAI, N. H. A.; NURMIYANTO, A.; UMEMURA, K.; BOVING, T. Quitosana da concha de berbigão (*Anadara granosa*) como coagulante natural para remoção de sólidos suspensos totais (SST) e turbidez de água de poço. **O Jornal Egípcio de Pesquisa Aquática**. v. 49, n. 3, p. 283-289, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2023.04.004>

VALVERDE, K. C.; YAMAGUCHI, N. U.; POMINI, A. M.; PACCOLA, E. A. S.; BERGAMASCO, R. Combined water treatment with extract of natural *Moringa oleifera* Lam and synthetic coagulant. **Revista Ambiente e Água**, v. 13, n. 3, e2135, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2135>

VALVERDE, K. C.; SANTOS, M. S. Viabilidade do uso de coagulantes naturais no tratamento de água. In: **Livro de Memórias do IV SUSTENTARE e VII WIPIS: Workshop Internacional de Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos**. Piracicaba, SP, 2022. Disponível em: http://www.even3.com.br/anais/sustentare_wipis_2022/578429- Acesso em: 11 de outubro de 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

VALVERDE, K. C.; COLDEBELLA, P. F.; NISHI, L.; MADRONA, G. S.; CAMACHO, F. P.; SANTOS, T. R. T.; SANTOS, O. A. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam em pó no tratamento de água superficial. *E-xacta*, v. 7, n. 1, p. 75-82, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v7i1.1203>