

# COAGULAÇÃO DE RESÍDUOS POR ALOE VERA (*A. barbadensis*, MILLER) EM ÁGUAS POLUÍDAS: UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PORTÁTIL<sup>1</sup>

Isabella D. Abate

Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales – Fatec Sorocaba, Sorocaba – SP

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo investigar a viabilidade do uso da Aloe Vera como coagulante em águas poluídas, visando oferecer uma alternativa sustentável e de baixo custo para o tratamento de efluentes. A metodologia incluiu a extração da mucilagem da Aloe Vera, sua preparação e dosagem em diferentes concentrações para avaliar sua eficácia como coagulante. Os experimentos foram realizados em escala de bancada, utilizando água destilada com pH controlado e contaminantes simulados. Os resultados demonstraram que a Aloe Vera apresentou capacidade de coagulação dos resíduos presentes na água, com eficiência variando de acordo com a concentração utilizada. A dosagem 9,0 mL L<sup>-1</sup> mostrou o melhor resultado, removendo uma quantidade significativa de contaminantes. Concluiu-se que a Aloe Vera pode ser uma alternativa promissora para o tratamento de águas poluídas, oferecendo uma solução sustentável e acessível. No entanto, novos estudos são necessários para otimizar as condições de uso da Aloe Vera, visando maximizar sua eficiência e aplicabilidade em diferentes cenários de tratamento de efluentes.

**Palavras-chave:** Aloe vera. Coagulação. Resíduos.

## WASTE COAGULATION BY ALE VERA (*A. barbadenses*, MILLER) IN POLLUTED WATERS: A PORTABLE WATER TREATMENT STATION

**ABSTRACT:** This study aimed to investigate the feasibility of using Aloe Vera as a coagulant in polluted waters, aiming to provide a sustainable and cost-effective alternative for effluent treatment. The methodology included the extraction of Aloe Vera mucilage, its preparation, and dosing at different concentrations to evaluate its effectiveness as a coagulant. The experiments were conducted on a bench scale, using distilled water with controlled pH and simulated contaminants. The results showed that Aloe Vera could coagulate the residues in the water, with efficiency varying according to the concentration used. Dosage of 9.0 mL L<sup>-1</sup> showed the best result, removing a significant number of contaminants. It was concluded that Aloe Vera could be a promising alternative for treating polluted waters, offering a sustainable and accessible solution. However, further studies are needed to optimize the conditions for using Aloe Vera, aiming to maximize its efficiency and applicability in different effluent treatment scenarios.

**Keywords:** Aloe vera. Coagulation. Waste.

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado à Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales, como parte dos requisitos para o Trabalho de Graduação do Curso Superior de Tecnologia em Polímeros. Sorocaba, 01 jan. 2024

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

### 1 INTRODUÇÃO

Preocupações a respeito do aquecimento global e poluição da água deixaram de ser especulações e tornaram-se uma realidade, que remete aos dias atuais. Com o passar dos anos, o número de países que enfrentam problemas com a falta de água tem aumentado, afetando territórios de várias partes do globo terrestre (PENA, 2015).

Entre os continentes que sofrem com escassez de água, destacam-se as nações situadas no Oriente Médio, uma região com muitos desertos e pouca disponibilidade de recursos hídricos, além de algumas regiões da África, da Ásia e das Américas (PENA, 2015).

Aproximadamente 82% da população mundial não tem acesso à água potável de qualidade e isso gera anualmente mais de cinco milhões de mortes de pessoas que adquirem doenças relacionadas à água. No mundo, 88% das mortes por diarreia estão associadas a doenças de transmissão hídrica (FERREIRA JUNIOR, 2017).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) a cada dólar investido em água e saneamento, tem-se economia de aproximadamente \$4,3 dólares em saúde, como a diminuição de leitos e gastos relacionados com remédios (OMS, 2023).

As políticas governamentais dos últimos anos (Lei nº 12.334/2010 e Lei nº 14.026/2020) têm incrementado a cobertura dos serviços de água potável, mas o impacto dessas medidas continuará limitado enquanto não for escolhido apenas um sistema de tratamento de água, como também, não existir o interesse de sua construção para melhorar a vida de toda a população. É evidente que a qualidade da água é a preocupação da grande maioria, no entanto, aproximadamente 12 milhões de brasileiros estão sem serviço de abastecimento de água (FRANCISCO, *et al*, 2011, pg. 1 *apud* IBGE, 2008).

Por esses e outros motivos é de suma importância a presença de Sistema de Abastecimento de Água (SAA) que disponibilize água de boa qualidade. Um SAA é de extrema importância sanitária, econômica e social, já que facilita a limpeza pública, diminui o risco de doenças disseminadas pela água e conseqüentemente aumenta a esperança de vida da população (MOURA, 2021, pg. 12 *apud* BRASIL, 2013).

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Logo, para promover o abastecimento de água, faz-se necessária a potabilização das águas naturais. Este processo consiste na adequação da água bruta aos padrões de potabilidade vigentes estabelecidos pela Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. De modo geral, o tratamento de água ocorre pela remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes nas águas. (BOTERO, 2009).

No tratamento da água potável, a coagulação e a floculação se unem como aliadas inseparáveis, combatendo impurezas microscópicas e garantindo a qualidade da água que consumimos. Através da aglutinação em flocos, esses processos removem as partículas de sujeira, preparando a água para as etapas seguintes de tratamento. Essa sintonia impecável de etapas, comandada pela coagulação e floculação, garante a segurança e o bem-estar da população.

Na Estação de Tratamento de Água (ETA), a coagulação se destaca como um processo crucial, orquestrando as etapas subsequentes e garantindo água potável de qualidade, como afirma Richter (2009). Através da desestabilização e aglomeração de impurezas em flocos, a coagulação facilita a remoção eficaz das partículas na floculação, decantação e filtração, garantindo a qualidade final da água. Essa sinfonia impecável de etapas, comandada pela coagulação, garante a segurança e o bem-estar da população.

Os principais produtos químicos usualmente utilizados como coagulantes são inorgânicos, como por exemplo, o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. Apesar de apresentarem efetiva remoção de impurezas, estes coagulantes geram lodo com concentrações elevadas de compostos químicos, o que dificulta a disposição dele no ambiente, por oferecer consideráveis riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Estudos demonstram relações entre o elemento alumínio e a incidência de doenças neurológicas (VERÍSSIMO E GOMES, 2008; WANG *et al.*, 2010; MUISA *et al.*, 2011).

Baseando-se nesses problemas, coagulantes poliméricos naturais surgem como uma solução inovadora e sustentável para o tratamento de água, oferecendo vantagens como baixo custo, biodegradabilidade e ausência de riscos à saúde e ao meio ambiente, em comparação aos coagulantes químicos tradicionais.

Neste trabalho foi usado a acemanana, presente na Aloe vera, como polímero coagulante. A Acemannana, comercialmente conhecida como Carrissina, é a principal substância bioativa encontrada na planta Aloe vera (t'HART *et al.*, 1989; LEE *et al.*, 2001; REYNOLDS & DWECK, 1999). É um polissacarídeo linear composto por resíduos de manose ligados por (1,4), com carbonos

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

C2 ou C3 acetilados e algumas cadeias laterais formadas por unidades de galactose ligadas a carbono C6 (MANNA & MCANALLEY, 1993; MCANALLEY, 1993). Este polissacarídeo de reserva está localizado dentro do protoplasto das células parenquimatosas do parênquima de Aloe vera (FEMENIA *et al.*, 1999).

### 1.1 Justificativa do tema

Em geral, nas zonas urbanas há Sistema de Abastecimento Público de Água que é constituído por um conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água à comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população (BRASIL, 1992).

O mesmo não ocorre nas zonas rurais onde a população é mais dispersa, uma vez que se encontram em condições precárias de abastecimento de água. Neste caso as soluções são mais duvidosas e o recursos coletivos não são aplicados, fato que justifica a execução deste trabalho em pesquisar uma alternativa de tratamento de água facilitado, visando a possibilidade de beneficiar as populações que não possuem acesso à água tratada.

### 1.2 Problema de Pesquisa

No Brasil, a Constituição Federal obriga o governo a garantir o saneamento básico para a população. No documento, a água é classificada como bem público e direito de todos. As diretrizes necessárias estão previstas na legislação para garantir a qualidade e a quantidade da água (BRISOLA, *et al.*, 2022, p.3).

No entanto, segundo a Eco Nordeste (2020): “27,6% dos nordestinos ainda têm água insuficiente nas torneiras e 72% da população ainda não tem saneamento básico.”

No Brasil, problemas relacionados ao abastecimento de água estão presentes em praticamente todos os municípios e afetam toda a população: rios e mananciais poluídos, aumento das demandas, conflitos pelo uso da água, perdas e desperdício, secas, ameaça de colapso no abastecimento e gestão ineficiente. Sendo assim, elabora-se a seguinte questão de pesquisa: O tratamento portátil pode apresentar uma alternativa para esse problema? Desenvolver um método de purificação de água que seja mais sustentável e que alcance uma eficiência aceitável em termos de custos, usando menos energia e recursos seria a solução para esta população tão esquecida?

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

### 1.3 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é desenvolver uma alternativa, viável, portátil e de baixo custo, para assim possibilitar um o número maior de pessoas tenha acesso a água potável.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos:

- a) Desenvolver uma alternativa, que esteja dentro dos parâmetros criados pelo IBGE, para os tratamentos de água;
- b) Utilizar um polímero orgânico como base;
- c) Aumentar a acessibilidade de água potável a população

### 1.4 Hipóteses

- a) Polímeros orgânicos podem ser usados para remover contaminantes específicos da água, como metais pesados, pesticidas ou poluentes orgânicos, assim como produzir água potável a partir de fontes de água não convencionais, como água salobra ou água residuária;
- b) Desenvolver um método de purificação de água que seja mais sustentável, usando menos energia e recursos, de forma que alcance uma eficiência aceitável em termos de custos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Referencial Teórico

A água que é encontrada na natureza não é própria para consumo. Mesmo quando cai em forma de chuva, ainda contém impurezas. E quando toca o solo, absorve substâncias impuras alterando ainda mais sua qualidade. Para ser considerada água própria para consumo é necessário que se atenda alguns requisitos de potabilidade. Se tiver alguma substância que altera seu padrão, é classificada como poluída. Os componentes que indicam poluição orgânica são: compostos nitrogenados, oxigênio consumido (DBO- demanda bioquímica de oxigênio) e cloretos (EOS, 2019).

O tratamento de água potável é um processo complexo que envolve diversas etapas (que visam tornar a água própria para o consumo humano), como a captação da água, a remoção de impurezas, a desinfecção e a distribuição. Cada etapa do processo é importante para garantir que a água esteja

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

própria para consumo humano e livre de bactérias, vírus e outros contaminantes (NAKAMURA, M. 2023).

A água para uso humano deve atender a rigorosos critérios de qualidade, de modo a não causar prejuízo à saúde de seus consumidores. Uma água própria para este fim é chamada de água potável e as características a que a mesma deve atender são os chamados padrões de potabilidade (Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde).

Através dessa portaria, foram definidos os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

- I. Água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem.
- II. Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde e que não ofereça riscos à saúde.
- III. Água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade.
- IV. Sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.
- V. Controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição.

O tratamento de água para abastecimento tem por objetivo torná-la adequada aos parâmetros sanitários para potabilidade estabelecidos pela portaria de consolidação nº 5 de 2017, contidas no anexo XX, do ministério da saúde. A água potável é aquela apropriada para consumo humano, em que seus parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde (FUNASA, 2007).

Os métodos ou tecnologias de tratamento de água para abastecimento podem ser classificados em convencional, contendo os processos de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, podendo conter etapas adicionais como correção de pH, fluoretação entre outros antes

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

de ser distribuída à rede de abastecimento, e não convencional quando não possui todas as etapas contidas no tratamento convencional (IBGE, 2020).

### 2.1.1 Tratamento Convencional de Água

Entende-se por tratamento convencional o conjunto dos processos sequenciais de:

- A. Coagulação;
- B. Floculação;
- C. Decantação;
- D. Filtração;
- E. Desinfecção;
- F. Fluoretação;
- G. Correção da acidez.

A Fig. 1. apresenta um esquema de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) que foi instalada em uma cidade hipotética.

**Figura 1. ETA**



**Autor:** Flores, 2020.

A ETA constitui a etapa inicial do saneamento básico, que envolve o controle e a distribuição de recursos essenciais para assegurar o bem-estar físico, mental e social da população. O tratamento convencional da água é um processo destinado a remover impurezas, tornando-a segura para o consumo humano.

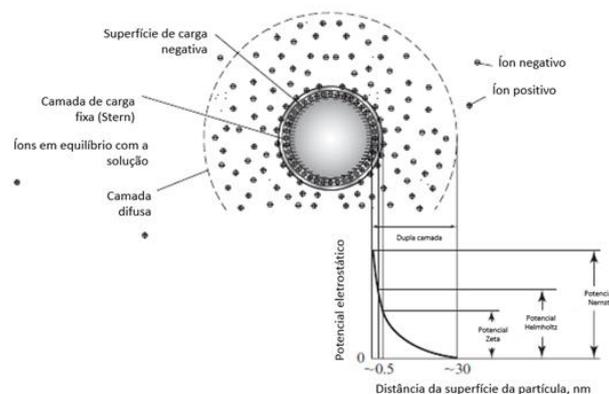
#### A) Coagulação

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Diante da incapacidade de remoção satisfatória das impurezas presentes nas águas destinadas ao abastecimento humano pela sedimentação simples, o tratamento convencional em ETA's utiliza substâncias coagulantes, que reagem com a alcalinidade do meio, seja ela natural ou adicionada, formando polímeros com valor de carga superficial positiva (hidróxidos). Estes atraem as cargas negativas dos coloides em suspensão formando partículas de maior tamanho, denominadas flocos e que apresentam velocidade de sedimentação superior (MACEDO, 2007).

Na água, grande parte das partículas coloidais e moléculas que compõem a matéria orgânica natural possuem cargas elétricas superficiais carregadas negativamente. Todas as partículas coloidais têm uma carga elétrica, que produz uma força de repulsão mútua, a qual pode ser suficientemente grande, de modo a mantê-las estáveis em suspensão. As cargas negativas configuram uma camada rígida sobre a superfície da partícula, que chamamos de camada compacta ou camada de Stern. Os íons negativos que se aproximam trazem consigo alguns íons positivos, formando uma camada difusa. Essas duas camadas compõem a dupla camada elétrica (JESSIE, 2020), como mostra a Figura 2.

**Figura 2.** Esquema da estabilidade do colóide.



**Autor:** Davis, 2010.

### B) Floculação

A floculação é um processo fundamentalmente físico e consiste no transporte das espécies hidrolizadas, para que haja contato com as impurezas presentes na água, formando partículas maiores denominadas flocos. É um processo rápido e depende essencialmente do pH, da temperatura, da quantidade de impureza. Nesta etapa há a necessidade de agitação relativamente lenta, para que ocorram choques entre as partículas (DI BERNARDO & COSTA, 1993 apud MACEDO, 2007). As reações químicas que se iniciam na unidade de mistura rápida possibilitam que as impurezas presentes na água possam se aglomerar, formando flocos na unidade de floculação. Nesta unidade não ocorre

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

remoção de de impurezas, mas apenas o acondicionamento da água que será encaminhada para decantadores, floculadores ou filtros da ETA, através do aumento das partículas (HELLER & PÁDUA, 2006).

A água chegando à ETA recebe a acrescentamento de saída de cal hidratada, saída de sulfato de alumínio ferroso e pré-cloração e nos 4 floculadores, apresentando degradação gradual e mais ágil para que as partículas de impurezas se aglomerem em pequenos flocos mais densos que a água e irão se fiar no fundo dos decantadores. Entre os floculadores e os 2 decantadores há uma taipa de madeira com furos alternados que diminui a rapidez da água ao entrar nos decantadores no qual pode-se observar 4 zonas dentro dos decantadores:

1. Brega de turbilhonamento: os flocos nessa brega estão desordenados e com movimento;
2. Brega de decantação: os flocos já começam ir para o fundo do decantador;
3. Brega de alívio: os flocos estão quase sem movimento (decantados);
4. Brega de melhoria: os flocos que pela série de interferências físico-químicas não conseguiram decantar, sobem para a superfície do decantador e caem na canaleta que conduz aos 4 filtros de cálculo (com camadas de pedra e cálculo de distintos granulometrias – coação ) que se encarregará de reter esses flocos ou partículas sólidas, ocorrendo a coação da água para um cisterna ilegítimo dentro da ETA, que no momento em que essencial, recebe nova porção de cal hidratada para a revisão do ph, nova porção de hipoclorito de sódio para a revisão do cloro, acrescentamento de flúor (fluossilicato de sódio) e é bombeada para os reservatórios da ETA; de no qual é distribuída a água para a indivíduos por peso (ANDRADE. 2022).

### **C) Decantação**

A decantação é um método de separação de misturas heterogêneas entre sólido-líquido e líquido-líquido. O processo de decantação baseia-se em deixar a mistura em repouso por algum tempo. Com isso, as impurezas depositam-se ao fundo do recipiente, ou seja, ocorre a sedimentação pela ação da gravidade. Essa condição é possível graças as diferenças de densidade entre as substâncias e a insolubilidade entre os componentes da mistura. Assim, a substância mais densa deposita-se no fundo do recipiente enquanto a menos densa fica na parte superior (BATISTA, C. 2015).

A implementação destas unidades é justificada em ETA's nas quais a água submetida ao tratamento apresenta concentrações de sólidos (dissolvidos, coloidais e/ou suspensos) elevadas, como

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

etapa preliminar ao processo de filtração, demonstrado na Figura 3. O projeto destas unidades deve considerar a taxa de aplicação superficial, que está diretamente relacionada com a velocidade de sedimentação das partículas suspensas (HELLER; PÁDUA, 2006).

**Figura 3.** Decantador vertical.



**Autor:** Aguiar, 2012.

### D) Filtração

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água que escoam através de um meio poroso. Nas ETA's, a filtração é um processo final de remoção de impurezas, logo, principal responsável pela produção de água com qualidade condizendo com o padrão de potabilidade (OMS, 2004). Para realizar a remoção de tais impurezas da água é necessário analisar o tipo de material que se deseja separar, como também, o tipo de filtro que será o mais adequado para tal processo (Figuras 4 e 5). Deste modo, é possível verificar a velocidade com que a água passa pelo mesmo e denominar qual filtro será mais apropriado: o filtro lento ou o filtro rápido (RICHTER, NETTO, 2007).

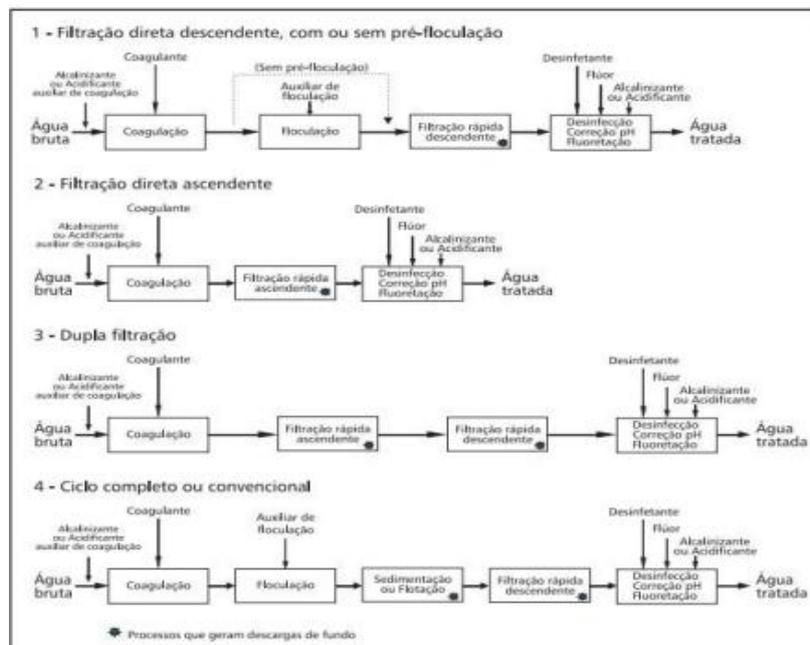
**Figura 4.** Fluxograma da filtração lenta.

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS



Autor: Brasil, 2006.

Figura 5. Fluxograma da filtração rápida.



Autor: Brasil, 2006.

E) Desinfecção

A desinfecção na água tem o objetivo de corrigir e prevenir. Este método busca eliminar os organismos patogênicos que possam estar presentes na água. Para isso, é mantido um desinfetante na

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

água fornecida à população, para prevenir algum tipo de contaminação posterior (HELLER, L., PÁDUA, V. L. 2006).

A desinfecção é realizada por meio de dois tipos de agentes: o físico e o químico. Dentre os agentes físicos estão a luz solar, o calor e a radiação ultravioleta, já os agentes químicos englobam o ozônio e peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio, ácido peracético, iodo, íons metálicos, ferratos, processos oxidativos avançados, dióxido de cloro, derivados clorados (orgânicos e inorgânicos) e bromo (MACEDO, 2007, p. 418).

O mecanismo de desinfecção depende da natureza do produto utilizado e do tipo de organismo que se deseja inativar ou destruir. Os agentes químicos de desinfecção podem atuar causando a inativação de enzimas essenciais para os processos vitais, que se encontram no citoplasma dos microrganismos. Alguns microrganismos como vírus da hepatite e da poliomielite não são completamente destruídos por técnicas usuais de desinfecção. Em geral, os vírus são muito mais resistentes que as bactérias (RICHTER, 2009).

O processo mais utilizado é a cloração, sendo o cloro disponível em estado sólido, líquido e gasoso, tendo como seus representantes o cloro elementar ( $Cl_2$ ), Hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio, respectivamente (RICHTER, 2009).

A portaria de consolidação nº 5/2017, anexo XX, do Ministério da Saúde estabelece um teor de cloro residual livre mínimo de 0,5 mg/L na saída da estação, devendo haver obrigatoriamente 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição. Recomenda também que na cloração tenha-se um tempo de contato mínimo de 30 minutos, e seja realizada com pH abaixo de 8.

### F) Fluoretação

A fluoretação, que não é considerada uma forma de tratamento, corresponde a adição de flúor, em geral na forma de ácido fluorsilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio, com a finalidade de prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes (HELLER, L.; PÁDUA, V. L. 2007).

A fluoretação da água para consumo humano é uma medida prevenção contra cárie dentária, que reduz a prevalência entre 50% e 65% em populações sob exposição contínua desde o nascimento, por um período de aproximadamente dez anos de ingestão da dose ótima. É um processo seguro, econômico e adequado. A implantação da fluoretação poderá ser realizada com os produtos que em sua seleção contemplem a eficácia, grau de solubilidade, custo, continuidade de fornecimento pelo

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

fabricante, distância entre a fonte produtora e o consumidor, transporte, estocagem, manuseio do composto e riscos operacionais. Os produtos que se enquadram nestas características são: Ácido Fluossilícico ( $H_2SiF_6$ ) e Fluossilicato de Sódio ( $Na_2SiF_6$ ) (FUNASA, 2014).

Esta medida representa uma ótima relação custo-benefício, pois a adição de flúor a níveis que obtenham a máxima proteção contra a cárie (1,0 a 1,2 mg/L), representa um custo bastante reduzido. Cerca de US\$ 0,8 por pessoa/ano e de US\$ 0,03 por pessoa/ano nos EUA e na cidade de São Paulo, respectivamente (NEWBURN, 1998 *apud* MACEDO, 2006; FRIAS, 2006). A Figura 5. apresenta uma esquematização simplificada de como funciona o processo de fluoretação nas águas de abastecimento no Brasil.

**Figura 5.** Fluxograma das águas de abastecimento no Brasil.



Autor: Sabesp, 2010.

### G) Correção da acidez (pH)

Existem vários fatores que podem influenciar no pH da água bruta. Dentre eles podemos citar a composição do solo, a presença de calcário, de plantas e matéria orgânica, químicos liberados por indústrias ou indivíduos e precipitação ácida. Exatamente por isso, a análise do pH é fundamental. É possível identificar o tipo da água, com ela sendo mais leve ou mais pesada por conta da quantidade de minerais. Também é importante considerar o lugar de onde o recurso foi extraído - águas de superfície de lagoas, rios, ribeirões e represas (EXATTA, 2021).

Essa etapa ocorre em água bruta, para que, segundo Richter (2006) alcance a alcalinidade necessária à adequada solubilidade do coagulante no processo de coagulação. Por meio da correção do pH se consegue saber o tipo de coagulante a ser usado no tratamento do afluente, para não dosar mais do que o necessário – o que pode baixar o pH da água e prejudicar o processo químico, acarretando um

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

custo operacional inútil. A etapa de adequação do pH para a coagulação é uma das mais importantes no tratamento da água (DEPURO).

A Cal hidratada ou hidróxido de cálcio é um produto químico utilizado no tratamento de água para correção do pH (potencial de hidrogênio). Durante o tratamento, a água entra em contato com produtos químicos que conferem característica de acidez à água e isso precisa ser corrigido. O objetivo da adição da Cal no tratamento de água é estabilizar o pH para que fique o mais próximo do indicador 7 (MENESES, 2019). A Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017, no Art. 39, § 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 39, § 1º).

### 2.1.2 Tratamento Não Convencional de Água

#### 2.1.2.1 Sistema de Abastecimento Individual de Água

Segundo Decreto nº 5.440 (2005, art. 5º, inciso VIII): “um Sistema de Abastecimento de Água Individual é definido como uma modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados”.

Dessa forma, as residências que possuem um abastecimento individual recebem uma porcentagem de 32,5% de água não potável, visto que esse tipo de abastecimento não passa por um tratamento como a ETA. As residências capturam a água geralmente de poços artesianos, cisternas ou os moradores se deslocam para capturá-la em córregos, rios, barreiros e lagos. Assim é de suma importância que a água que for consumida seja potável para que não haja nenhum dano à saúde da população (HELLER; PÁDUA, 2006).

##### 2.1.2.1.1 Captação da Água da Chuva

O aproveitamento da água da chuva tem lógica simples e de fácil compreensão. Tal aproveitamento consiste em modelo alternativo de abastecimento de água que faz uso das superfícies impermeáveis já existentes como os telhados, lajes ou superfícies. Por esse meio, se coleta o produto das precipitações pluviométricas (MANO, 2004).

Na contemporaneidade, apesar dessa técnica ser milenar, ainda não é tão utilizada como deveria ser. Há um grande paradoxo quando se trata da região Amazônica, pois apesar de ser

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

reconhecida mundialmente como a maior reserva superficial de água doce, sofre problemas relacionados ao fornecimento de água (MOURA, 2021).

Apesar dessa técnica ser milenar, o aproveitamento das precipitações pluviométricas no Brasil ocorreu apenas, pela primeira vez em registro histórico, pelas tropas do império, no século XVIII em Santa Catarina, da água oriunda de uma cisterna que captava chuva dos telhados da fortaleza de Santo Antônio de Ratoles (FENDRICH, 2002).

### 2.1.2.1.2 Técnicas da utilização da *Moringa oleifera*

A utilização das sementes de moringa para se tratar a água possui baixo custo e alta eficiência na remoção de bactérias (reduzem-nas cerca de 90 a 99%). Quando o pó de moringa é dissolvido na água as proteínas presentes (que possuem baixa massa molar) adquirem carga positivas que atraem partículas que estão carregadas negativamente, como siltes e argilas. Há então formação de flocos densos que geram a sedimentação das partículas. A semente de moringa, nesse aspecto, serve como coagulante natural que permite o consumo de água a um baixo custo e de fácil acesso. A semente de moringa pode ser utilizada como sedimentação e também filtração lenta. O uso da técnica como filtração lenta vem sendo utilizada há muitos anos. Um dos relatos da mesma é do ano de 1804, quando John Gibbd desenvolveu um filtro lento na Escócia com o objetivo de purificar a água do rio Tâmis, reduzindo a sua turbidez. Sendo assim, a utilização de semente de moringa como filtração possui uma grande eficiência (SILVA; MATOS, 2008).

### 2.1.3 Uso da *Aloe vera* (*Aloe barbadenses*, Miller) como coagulante para efluentes

A crescente demanda por soluções sustentáveis no tratamento de efluentes tem impulsionado a investigação de coagulantes naturais e ambientalmente amigáveis. A *Aloe vera*, (planta amplamente reconhecida por suas propriedades medicinais, foi inicialmente descrita por Carl Linnaeus em 1753 como *Aloe perfoliata* var. *vera*, e posteriormente reclassificada como *Aloe vera* por Nicolaas Laurens Burman em 1768 no livro: “Flora Indica” e por Philip Miller como *Aloe barbadensis* no Dicionário dos Jardineiros), desponta como um coagulante promissor, oferecendo uma alternativa aos coagulantes químicos convencionais, que frequentemente apresentam impactos ambientais adversos.

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Num estudo em escala de bancada com Jar Test, utilizou-se extrato de Aloe vera diluído em água destilada com proporção de 100 mL L<sup>-1</sup> (para cada 100 mL de Aloe vera, foram colocados 1000 mL de água destilada) para clarificação de água bruta do lago Nokoué, no país africano do Benin e obtiveram-se remoção de 91% para sólidos suspensos, 72% para turbidez e de 15% para cor aparente. Observou-se ainda, no extrato obtido, a presença de grupos fitoquímicos como taninos, saponinas, flavonoides, derivados da quitosona e do antraceno e mucilagens que podem ter contribuído para a remoção parcial das concentrações dos parâmetros analisados (Irma et al., 2016).

A integração de Aloe vera com outros coagulantes e o desenvolvimento de biocoagulantes avançados têm o potencial de expandir suas aplicações e aumentar a eficiência da coagulação. Gaikwad e Munavalli (2019) demonstraram isso ao utilizar Aloe vera como adjuvante, com *Moringa oleifera* e *Strychnos potatorum* como coagulantes principais, observando um aumento na eficiência de remoção de turbidez devido ao uso de Aloe vera.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho demonstra uma técnica simplificada de tratamento de água, dando a oportunidade de mais cidadãos tenham a possibilidade de obter água potável.

Para que se obtenha o conhecimento base para essa técnica, é necessário que se busque metodologias na literatura. Nesse sentido, a revisão da literatura qualifica e capacita o pesquisador, pois fornece base teórica já disponível na ciência, para que se possa perceber aspectos do problema a ser investigado. Assim, a ciência se aperfeiçoa e é construída constantemente a cada pesquisa realizada (KOCHE, 2011). Dessa forma, tem-se uma solução para o problema que nesse trabalho é a falta de água potável acessível para toda a população, demonstrando uma técnica alternativa para a problemática.

O objetivo da pesquisa experimental é selecionar variáveis que se acredita serem capazes de influenciar o objeto de estudos. A partir do controle e observação da interação entre o objeto e a variável e os seus efeitos, retiram-se conclusões e reflexões (VASCONCELOS, 2021).

#### 3.1 Materiais e Métodos

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

No presente trabalho utilizou-se água destilada fornecida com pH 6,7 (em temperatura ambiente), que está dentro dos valores tipicamente encontrados em águas naturais (entre 6,0 e 8,0c). Os valores de pH foram medidos pelo pHmetro PH-009 (I) A- pen type.

Todos os procedimentos realizados em laboratório foram realizados no Laboratório da FATEC Sorocaba, seguindo os manuais dos respectivos aparelhos e a metodologia analítica descrita nos Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 2012).

O coagulante natural utilizado foi a espécie vegetal babosa (*Aloe barbadenses*, Miller).

A mucilagem da Aloe vera foi extraída manualmente e esta, por sua vez, foi triturada no liquidificador comum sem a necessidade de adição de água. O produto desta liquefação foi posteriormente deixado em repouso por 30 minutos a fim de permitir a separação das partes utilizáveis.

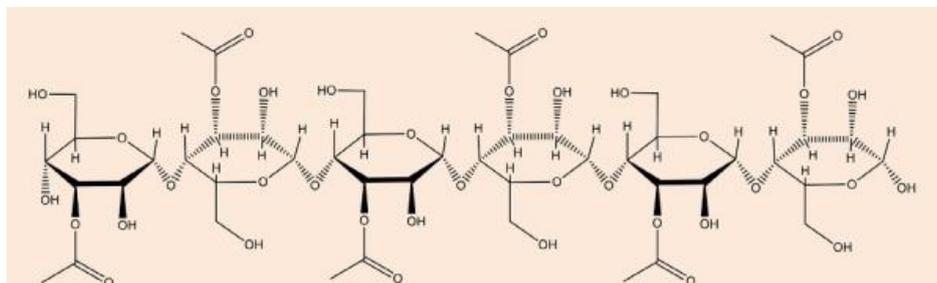
Para que não houvesse grande perda, por oxidação, de algumas propriedades do gel obtido, ele foi usado, em sua maioria (aproximadamente 55%), para fazer os testes em um dia e, posteriormente, armazenado em uma geladeira para uso contínuo. As dosagens usadas do extrato da babosa foram: 2.0; 4.0; 6.0; 8.0; 9.0; 10.0 mL L<sup>-1</sup>, que em mg L<sup>-1</sup> correspondem, respectivamente aos valores de: 8323; 16646; 24969; 33292; 38430 e 41615.

Os ensaios foram executados em escala de bancada, utilizando o método de Jar Test, um procedimento bastante empregado nas Estações de Tratamento de Água, para a determinação das dosagens ótimas dos coagulantes a serem empregados. Isto é, realizam-se seis ensaios de simulação da mesma água bruta, variando a dosagem do coagulante (BAUMGARTNER, J. R., *et al.*, 2013).

Para extrair a acemanana (Figura 6) da *A. vera* foi utilizado o método mais conveniente de extração em laboratório: precipitação por etanol puro. Um terço do gel extraído da folha da babosa foi submersa em etanol 100%, numa fração de 1:3, por 12 horas, o que resultou em um precipitado branco leitoso, onde se encontrava tanto a acemanana quanto o resto dos resíduos presentes na Aloe vera. Esse polímero foi extraído da Aloe vera para poder ser caracterizado e comparado com a *A. vera* pura, pois, segundo o Conselho Científico Internacional de Aloe (IASC), o gel da *A. vera* é composta de 99% água e o 1% restante pode conter potencialmente 75 constituintes ativos, um deles sendo a acemanana, que compõe aproximadamente 60% deste 1%.

**Figura 6.** Estrutura molecular da acemanana

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS



Autor: SOUSA, 2020.

### 3.1.2 Caracterização da acemanana com a técnica FTIR

Um grama do extrato obtido pela precipitação por etanol e um grama de *A. Vera* foram analisados pelo teste de FTIR (Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier). Os valores foram lidos pela Perkin Elmer Frontier, varredura de 4000.0 a 400.0  $\text{cm}^{-1}$ , com 16 acumulações e resolução de 4.0  $\text{cm}^{-1}$ .

### 3.3 Resultados e Discussão

No período de execução dos ensaios do Jar Test, foi observada a formação parcial de precipitados criados pela coagulação da *A. vera* (alguns dos poluentes ainda estavam presentes no corpo da água). Em contrapartida, verificou-se a presença de pequenos aglomerados que permaneceram suspensos no centro e na superfície da água. Esta constatação pode ser explicada pelo fato de que o uso de polímeros frequentemente é incapaz de precipitar colóides de origem orgânica, requerendo para tal a adição de um coagulante metálico (Richter 2009).

Como é demonstrado na Figura 7 (adição de 4.0  $\text{mL L}^{-1}$  de Aloe vera), observa-se coagulação parcial das impurezas, tanto no fundo do béquer quanto na superfície da água, assim como ainda há a presença de impurezas não coaguladas e de turbidez. Enquanto na figura 8 (adição de 9.0  $\text{mL L}^{-1}$  de Aloe vera) houve uma coagulação total das impurezas, contudo ainda há a presença de turbidez.

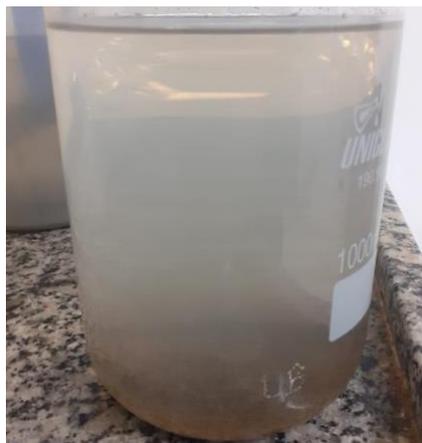
**Figura 7. Jar Test usando 4.0  $\text{mL L}^{-1}$  de Aloe vera**

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS



**Autor:** autoria própria.

**Figura 8. Jar Test usando 9.0 mL L<sup>-1</sup> de Aloe vera**



**Autor:** autoria própria.

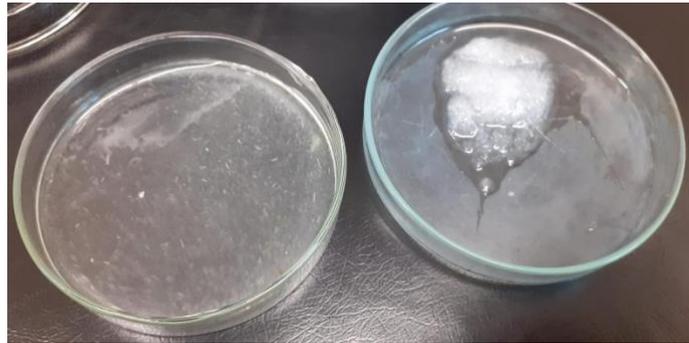
Apesar disso, a discussão consistente sobre os mecanismos de coagulação é desafiadora devido ao uso do extrato de babosa como coagulante. Existem poucos estudos que o empregaram especificamente para o tratamento de água, e ainda menos que o utilizaram como coagulante isolado, sendo mais comum seu uso como aditivo. Portanto, não é possível afirmar com certeza qual mecanismo de coagulação predominou nas áreas com as maiores eficiências de remoção observadas.

### 3.3.1 Separação da acemanana da mucilagem da babosa

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

O uso da precipitação com etanol mostrou-se eficiente em separar a água do 1% de constituintes ativos, agrupando o precipitado branco leitoso na superfície do etanol e mantendo-os aglomerados, mesmo após a extração do etanol, como demonstrado na Figura 9 (B).

**Figura 9. Comparação entre a *A. vera* pura (A) e a acemanana e suas impurezas (B)**



**Autor:** autoria própria.

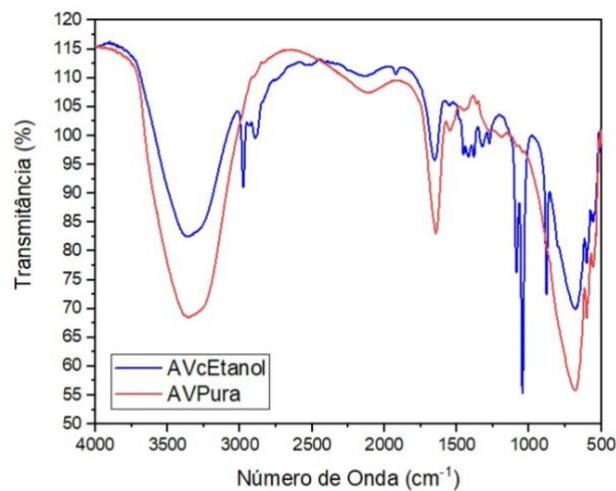
Para aumentar a extração da acemanana, seria necessário empregar o método de precipitação com água quente. No entanto, a extração com água, embora seja a abordagem mais comum, apresenta desvantagens significativas, como longos tempos de extração, altas temperaturas, baixa eficiência e possível degradação dos polissacarídeos. Esses fatores resultam em alto consumo de energia e tempo. Além disso, considerando que o teste de coagulação não requer acemanana pura, optou-se por não utilizar esse método. É fundamental conduzir estudos adicionais para estabelecer uma metodologia que não comprometa o polímero durante a extração.

### 3.3.2 Caracterização FTIR

A Figura 10 apresenta os espectros de infravermelho das amostras apresentadas anteriormente, na Figura 9.

**Figura 10. Espectroscopia do infravermelho do precipitado do etanol (azul) e da *A. vera* (vermelha)**

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS



**Autor:** autoria própria.

Os espectros de FTIR da acemanana (curva azul) e da Aloe vera (curva vermelha), indicam a presença de grupos -OH (corresponde a curva em  $3475\text{ cm}^{-1}$ ), C=O (corresponde a  $1643\text{ cm}^{-1}$ ) e C-O-C (corresponde a  $1015\text{ cm}^{-1}$ ) como grupos funcionais predominantes e está de acordo com outros estudos como: RAO e PATRUNI, 2016 e JALES, 2018. Bandas de média intensidade e largas foram observadas devido ao estiramento de ligação C=O de grupo acetil em  $1.643\text{ cm}^{-1}$  indicando a presença de compostos carbonílicos. As bandas de absorção em cerca de  $1078,0\text{ cm}^{-1}$  estão de acordo com C-O-C éter em açúcar. (RAY; ASWATHA, 2013; RAY; DUTTA GUPTA; GHOSH, 2013). A Figura 10. Também demonstra a baixa concentração de água da acemanana em comparação com a curva que se refere à *A. vera* pura, confirmando o que (BEZERRA, *et al.*, 2016) já havia comprovado em seu trabalho: 99% da mucilagem da babosa é composta de água.

### 4 Considerações Finais

A utilização da Aloe vera como coagulante não se mostrou muito eficaz, uma vez que somente um dos testes alcançou parcialmente o resultado desejado (a água se manteve turva), não o adequando para cumprir os requisitos do padrão de potabilidade brasileira. Já o teste de FTIR conseguiu alcançar os parâmetros requisitados para caracterizar o polímero presente na Aloe vera como a acemanana.

Diante dos resultados obtidos, recomenda-se a investigação aprofundada do potencial da Aloe vera como coagulante auxiliar, em conjunto com outros coagulantes tradicionais. Essa abordagem,

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

em vez da utilização da Aloe vera como coagulante único, abre caminho para explorar sinergias entre os compostos presentes na Aloe vera e os mecanismos de coagulação dos coagulantes convencionais. A realização de novos estudos nesse sentido permitirá desvendar com mais detalhes os mecanismos de coagulação da Aloe vera, elucidando as interações entre seus componentes e as partículas em suspensão na água. A compreensão mais abrangente desses mecanismos possibilitará a otimização do uso da babosa como coagulante auxiliar, potencializando sua efetividade e viabilidade em diferentes aplicações, desde o tratamento de água para consumo humano até o tratamento de efluentes industriais.

### 5 AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado forças e sabedoria para que eu pudesse concluir esse trabalho sem grandes dificuldades e surtos.

À minha amiga Amanda, por conceder-me a permissão de se basear no Trabalho de Conclusão de Curso dela para poder formular o meu.

Aos meus demais amigos, que me aturaram mesmo quando eu estava surtando e me deram todo o apoio que eu tanto necessitava.

### 6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Pacto pela governança da água.** Disponível em: [https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/governanca\\_e\\_gestao\\_estrategica/pacto-pela-agua](https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/governanca_e_gestao_estrategica/pacto-pela-agua). Acesso em: 02 jun. 2024.

ANDRADE, P. Blog notícias e artigos da ABMR. **O que é tratamento convencional? 2022.** Disponível em: <https://abmr.com.br/blog/o-que-e-tratamento-convencional/>. Acesso em: 05 dez. 2023.

ARAÚJO, J. O; BRITO, L. T. L; CAVALCANTI, N. B. **Água de chuva armazenada em cisterna pode incrementar qualidade nutricional da dieta das famílias.** Cadernos de Agroecologia, Cruz Alta, v. 6, n. 2, dez. Fortaleza. 2011.

BATISTA, C. **Decantação: o que é, processo e exemplos.** 2015. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/decantacao/>. Acesso em: 05 dez. 2023.

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

BAUMGARTNER, J.R. *et al.* **Jar Test**. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/jar-test/>. Acesso em: 26 mai. 2024.

BEZERRA, B.R. *et al.* (2016). **Análise Físico-Química da Mucilagem Extraída de Folhas de Babosa (Aloe Vera)**. Em Anais do 56º Congresso Brasileiro de Química (p. 9414-22472).

BONA, B.O. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho-RS**. 2014, 34f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina-RS. 2014.

BONGIOVANI, M.C., VALVERDE, K.C., BERGAMASCO, R. **Utilização do processo combinado coagulação/floculação/uf como processo alternativo ao tratamento convencional utilizando como coagulante a moringa oleifera lam**. Anais... IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, p. 65-76, 2013.

BRANDÃO, V.A.C. **A importância do tratamento adequado da água para eliminação de microrganismos**. 2011. 84f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Brasília, UNB, Brasília - DF, 2011.

BRASIL. Lei nº 11.445, **Diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico**. Brasília, DF: Presidência da República. 5 de janeiro de 2007.

BRASIL. Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005. **Regulamenta o controle de qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 maio 2005.

CAMPOS, M. **Poluição da água**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/poluicao-das-aguas.htm>. Acesso em: 04 dez. 2023.

DANIEL, L.A. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. 155 p.

EOS. **O que é e como funciona um Sistema de Abastecimento de Água**. 2019. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-abastecimento-de-agua/>. Acesso em: 04 dez. 2023.

EXATTA. **Por que é necessário corrigir o pH no tratamento de água?** 2021. Disponível em: <https://blog.exatta.ind.br/corrigir-o-ph-no-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 07 dez. 2023.

FEMENIA, A. *et al.* Effects of heat treatment and dehydration on bioactive polysaccharide acemannan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis* Miller. **Carbohydrate polymers**, v. 51, n. 4, p. 397–405, 2003.

FLORES, D. **Saneamento básico- o que é, importância, tratamento de água e esgoto**. Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/saneamento-basico/>. Acesso em: 05 dez. 2023.



## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. V.1, ed.6, 2008.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

IRMA, N.Y.A.E. *et al.* 2016. **Evaluation of Aloe vera leaf gel as a Natural Flocculant: Phytochemical Screening and Turbidity removal Trials of water by Coagulation flocculation**. Research Journal of Recent Sciences, 5(1), 9-15.

JALES, S.T.L. **Desenvolvimento tecnológico e caracterização de hidrogel contendo *Aloe vera* (L.) Burman f.** 2018, 90f. Dissertação de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal-RN, 2018.

JESSIE, K. **Coagulação: entenda o papel dessa etapa no tratamento de água**. 2020. Disponível em: <https://engenharia360.com/o-papel-da-coagulacao-no-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 05 dez. 2023.

LENZ, G.F.; ZARA, R.F.; THOMAZINI, M.H. **Study of the efficiency of natural polymer extracted Mandacaru cactus (*Cereus jamacaru*) as coagulation and flocculation aids for water treatment**. In: Symposium on sustainable systems, proceedings, Toledo. Anais, Toledo, Brasil, 1-5p, 2011.

LIMA, G.J.A. **Uso do polímero natural do quiabo utilizado como auxiliar de floculação e filtração no tratamento de água e esgoto**. 2007, 154f. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, Rio de Janeiro-RJ, 2007.

LIMA JÚNIOR, E.B. *et al.* **Análise documental como percurso metodológico na pesquisa qualitativa**. Cadernos da FUCAMP, v. 20, n. 44, p. 36-51, 2021.

LIU, C. *et al.* Extraction, purification, structural characteristics, biological activities and pharmacological applications of acemannan, a polysaccharide from Aloe vera: A review. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 24, n. 8, p. 1554, 2019.

MEDEIROS, D. **Pesquisador de SC inventa método com bambu para tornar água potável**. G1, 2014. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/07/pesquisador-de-sc-inventa-metodo-com-bambu-para-tornar-agua-potavel.html>. Acesso em: 04 dez. 2023.

MENESES, C.G.R. **Tratamento de água para consumo humano: como é feito?** 2019. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/tratamento-de-agua-2/>. Acesso em: 07 dez. 2023.

MINJARES-FUENTES, R. *et al.* **Effect of different drying procedures on the bioactive polysaccharide acemannan from Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller)**. Carbohydrate Polymers 2017, 168, 327.





## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

VERÍSSIMO, M.I.S., GOMES, M.T.S.R. 2008. **The quality of our drinking water: aluminium determination with an acoustic wave sensor.** Analytica Chimica Acta, 617(1-2), 162-166.

VIREIRA, G. **FTIR: entenda como funciona a técnica.** In: c2Lab. Blog da c2Lab: análise de materiais- ensaios. 19 mai. 2023. Disponível em: <https://c2lab.com.br/ftir-entenda-como-funciona-a-tecnica/>. Acesso em: 26 mai. 2024.

VOGLER, B.K.; ERNST, E. (1999) **Aloe vera: a systematic review of its clinical effectiveness.** British Journal of General Practice, 49, 823-828.

WANG, W., LI, H., LIU, Y. 2010. **Spatial variations of aluminum species in drinking water supplies in Xi'an studied applying geographic information system.** Journal of Environmental Science, 22(4), 519-525.