

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## UTILIZAÇÃO DO CACTO MANDACARU (*Cereus jamacaru* DC) COMBINADO À RADIAÇÃO SOLAR COMO ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA

\* Arthur Marinho Cahino<sup>1</sup>  
Sara de Almeida Figueiredo<sup>1</sup>  
Elaine Costa Almeida<sup>1</sup>  
Riuzuani M. B. P. Lopes<sup>1</sup>  
Raphael Abrahão<sup>1</sup>

### APPLICATION OF *Cereus jamacaru* DC CACTUS COMBINED TO SOLAR RADIATION AS AN ALTERNATIVE FOR WATER TREATMENT

Recibido el 24 de septiembre de 2019; Aceptado el 14 de septiembre de 2020

#### Abstract

Water is a limited resource and indispensable for human survival, but also increasingly scarce, especially in the semiarid regions of Brazil. In this sense, the present work seeks to analyze the effectiveness of a simplified water treatment using *Cereus jamacaru* DC cactus combined with solar disinfection (SODIS). For that, a differentiated methodology was developed where the variables studied were the amount of cactus fragments used and the time of exposure to solar radiation, obtaining results in terms of turbidity, thermotolerant coliforms and pH of the sample. It was observed that the *Cereus jamacaru* DC was efficient in the treatment of water, reducing turbidity and biological contamination, with the application of SODIS potentializing the performance of the treatment. Better results were obtained for the treatment in which a greater amount of the cactus was used combined with 18 hours of SODIS. The findings allow us to conclude that the use of the *Cereus jamacaru* DC cactus for water treatment is possible and must be explored and better studied in order to standardize methodologies and optimize results.

**Keywords:** water treatment, *Cereus jamacaru* DC, SODIS, semiarid.

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

\* *Autor correspondente:* Departamento de Engenharia de Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, S/N, Bairro Castelo Branco João Pessoa, Paraíba, CEP: 58051-900, Brasil. Email: [arthur\\_jpa@hotmail.com](mailto:arthur_jpa@hotmail.com)

## Resumo

A água é um recurso limitado e indispensável à sobrevivência humana que vem se tornando cada vez mais escasso, principalmente nas regiões mais áridas do Brasil. Nesse sentido, o presente trabalho procurou analisar a efetividade de um tratamento de água simplificado utilizando o mandacaru (*Cereus jamacaru DC*) combinado à desinfecção por radiação solar direta (SODIS). Para tanto, foi desenvolvido um método de baixo custo para tratamento de água, onde as variáveis estudadas foram a quantidade de mandacaru utilizada e o tempo de exposição à radiação solar, obtendo resultados em termos de turbidez, coliformes termotolerantes e pH da amostra. Observou-se que o mandacaru foi eficiente no tratamento da água, diminuindo a turbidez e a contaminação biológica, com a aplicação da radiação solar direta se apresentando como um fator potencializador desse processo. Melhores resultados foram obtidos para o tratamento em que se empregou maior quantidade de mandacaru combinado à 18 horas de SODIS. Após as constatações concluiu-se que a utilização do mandacaru para tratamento de água é possível e deve ser mais estudada a fim de se padronizar metodologias e otimizar resultados.

**Palavras chave:** mandacará, radiação solar, semiárido, tratamento de água.

---

## Introdução

O elevado consumo humano de recursos hídricos, combinado à variabilidade hidrológica em diferentes regiões, são fatores importantes na definição da escassez hídrica (UNESCO, 2018). Apenas uma pequena parte da água encontrada no planeta está acessível ao consumo humano. Porém, essa fração vem sofrendo perdas significativas por processos erosivos causados pela má conservação das matas ciliares e pelo lançamento de efluentes domésticos, agropastoris e industriais, que alteram as características físicas, químicas e biológicas dos ecossistemas aquáticos (Sirigate *et al.*, 2005, Scarpa; Soares, 2012).

Segundo Jacinto Júnior (2016), a poluição dos corpos hídricos afeta diretamente a saúde e o bem-estar do homem, a fauna e flora, além da qualidade dos recursos naturais daquele meio. Nas regiões semiáridas, além dos fatores climáticos e geológicos, que têm papel preponderante na renovação das reservas hídricas e, conseqüentemente, nas mudanças da qualidade desse recurso (Vieira, 2010), a falta de acesso a sistemas adequados de tratamento e abastecimento de água agrava a situação de disponibilidade hídrica.

Novas pesquisas (Lobo *et al.*, 2013, Ostrowski, 2014, Alves, 2015) vêm sendo desenvolvidas mostrando a viabilidade de se utilizar recursos disponíveis à população, chamados de tecnologias sociais, para tratamento de água em regiões desprovidas do sistema tradicional de tratamento.

O uso da radiação solar tem sido proposto, para esse fim, em áreas rurais de países tropicais devido à sua alta disponibilidade nessas regiões e por ser uma tecnologia social que possibilita a desinfecção da água sem a utilização de energia elétrica e de grandes investimentos financeiros,

tornando-a útil para a irrigação e dessedentação animal e, até mesmo, potável (Morgado, 2008, Lobo *et al.*, 2013).

Alves (2015) estudou a eficiência de um sistema de desinfecção solar com adição de diferentes doses de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) no tratamento de águas residuárias domésticas para fins de reuso na agricultura irrigada, obtendo um incremento na eficiência da desinfecção quando utilizadas concentrações de  $25\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  do produto químico e reduzindo o período de tratamento, principalmente em dias com radiação solar elevada. Como ponto negativo, porém, destaca-se o custo financeiro que o emprego do peróxido de hidrogênio teria para a população. Além disso, sementes naturais e plantas cactáceas vem sendo testadas como substitutas aos coagulantes sintéticos, como o sulfato de alumínio, normalmente utilizados na etapa de floculação dos processos tradicionais de tratamento de água, apresentando-se como opções mais acessíveis e menos impactantes ao meio ambiente (Zara; Thomazini; Lenz, 2012).

Ostrowski (2014) utilizou extratos do cacto *Cereus jamacaru* DC como coagulantes auxiliares para a diminuição da turbidez da água. Além da turbidez, foram mensurados o pH e a alcalinidade total da água. Os resultados do estudo indicaram redução da turbidez em até duas vezes quando comparada à amostra que teve adicionado apenas o coagulante metálico. Além disso, não foram observadas grandes interferências no pH e teor de alcalinidade da água, o que pode comprovar a eficácia do processo.

Os cactos pertencem a uma família de plantas, chamada de *Cactaceae*, nativa do continente americano. Mais de 1500 espécies dessa família já foram catalogadas, com 254 delas tendo sido registradas no Brasil e um total de 100 espécies estando abrigadas no semiárido brasileiro, especificamente no bioma Caatinga, devido às condições climáticas encontradas nessa região, propícias ao seu desenvolvimento (Cavalcante *et al.*, 2013).

Muitos aspectos podem ser listados tratando da importância dessas plantas para a região semiárida do Brasil. Entre eles, os aspectos econômico e ambiental são os mais reconhecidos, uma vez que, especialmente nos períodos de seca, os cactos, cuja característica principal é o acúmulo de água, se tornam parte importante da dieta de famílias carentes e também da fauna dessa região. A sua utilização como recurso forrageiro para os ruminantes, por exemplo, permite que a economia agropecuária continue a se desenvolver mesmo nos períodos de escassez hídrica (Sales *et al.*, 2014).

Dentre as espécies cactáceas mais conhecidas e empregadas, está o mandacaru (*Cereus jamacaru* DC), que apresenta bom desenvolvimento em temperaturas no intervalo de  $20\text{-}30\text{ }^\circ\text{C}$ , sendo  $30\text{ }^\circ\text{C}$ , comumente, a temperatura ótima para sua germinação (Guedes *et al.*, 2009). Além disso, essa família de plantas apresenta grande variedade de formas e tamanhos, alta capacidade de

acúmulo de água (plantas suculentas), entre outras diversas adaptações para suportar a aridez (Hernández *et al.*, 2011) sendo, portanto, resistente às condições do semiárido brasileiro.

Diferentes estudos (Lenz *et al.*, 2011, Zara; Thomazini; Lenz, 2012, Belbahloul; Zouhri; Anouar, 2015) utilizam métodos laboratoriais diversos para a extração da pectina, o polímero presente nas cactáceas responsável por induzir os processos de coagulação/floculação. Entretanto, esse estudo se propõe a testar um método simplificado de tratamento da água, de modo que este possa ser empregado diretamente pela população à qual se destina, uma vez que foi verificada uma ausência de estudos que combinem a utilização da radiação solar e das cactáceas, em sua forma natural, para tratamento da água.

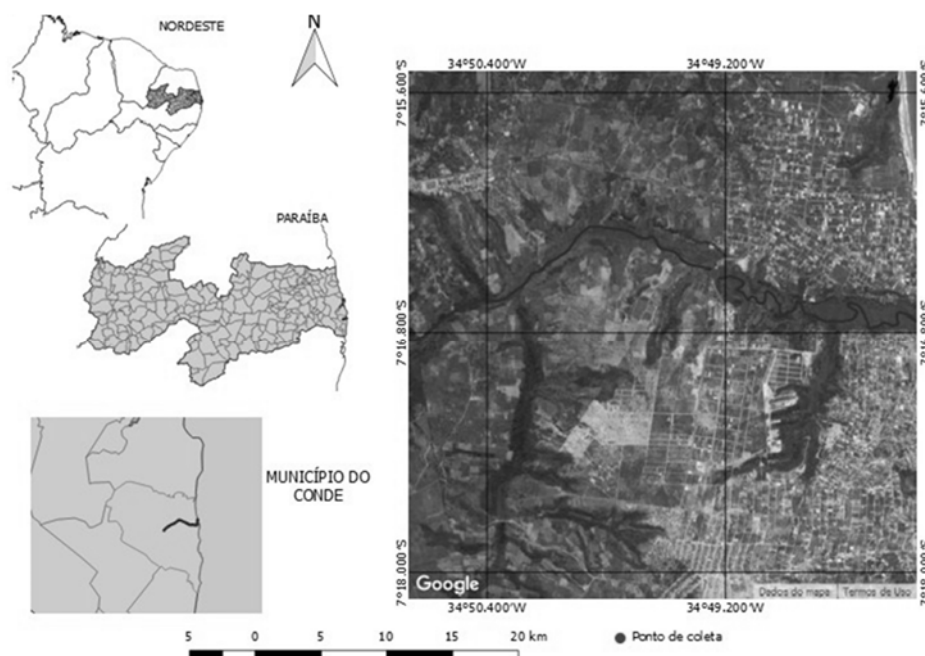
Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo verificar a efetividade do tratamento da água de rio utilizando o mandacaru (*Cereus jamacaru* DC) combinado à radiação solar direta, visando a uma possível aplicação no tratamento de água em comunidades do semiárido brasileiro

### Material e métodos

O experimento foi realizado utilizando-se água coletada do rio Gurugi (Fig. 1), situado no município do Conde, região costeira do Litoral Sul do estado da Paraíba. Sua bacia hidrográfica possui área total de 164,80 km<sup>2</sup> e é também composta pelos riachos Estiva, Caboclo, Pau Ferro e outros córregos secundários.

O rio escolhido está localizado numa área de intensa atividade turística, apresentando níveis elevados de turbidez, o que o tornou adequado para utilização no estudo proposto. As amostras de mandacaru foram obtidas na mesma região e foram lavadas em água corrente e cortadas em tamanhos iguais.

A água coletada foi armazenada em garrafas plásticas transparentes com capacidade para 2 litros, seguindo as normas técnicas de coleta, preservação e transporte estabelecidas no Standard Methods (APHA, 2005). Posteriormente, foram avaliados os seguintes parâmetros: temperatura; turbidez, através do método nefelométrico; pH, pelo método potenciométrico; e quantificação dos coliformes totais e termotolerantes, utilizando a técnica dos tubos múltiplos (APHA, 2005). Em seguida, o mandacaru foi cortado em fragmentos de cinco centímetros e adicionado a garrafas PET contendo água coletada do rio, as quais passaram a ser identificadas como Tratamento A e Tratamento B. Ao Tratamento A foram adicionados 10 gramas de mandacaru e, ao Tratamento B, 20 gramas. A um terceiro volume de água, não foi adicionado o cacto. As garrafas contendo o mandacaru foram deixadas em repouso por 24 horas, após as quais foram retiradas alíquotas para uma nova análise dos parâmetros mencionados.



**Figura 1.** Representação cartográfica do rio Gurugi e localização do ponto de coleta da amostra de água submetida aos tratamentos à base de mandacaru. Fonte: Autores e Google Earth, 2018.

Em seguida, a água de cada tratamento foi filtrada em algodão (para remoção do lodo decantado) e submetida à radiação solar por um período de 6 horas, tempo recomendado para que a inativação microbiana seja garantida em tratamentos de água utilizando o método de desinfecção solar ou SODIS (Solar Water Disinfection) (Oates; Shanahan; Polz, 2003). Terminado o período das 6 horas, os parâmetros de qualidade foram novamente analisados. Esse procedimento foi repetido por mais dois períodos de 6 horas nos dias posteriores, totalizando 18 horas de exposição ao sol, a fim de verificar a influência das diferentes quantidades de radiação na água analisada. Por fim, foram analisados e comparados os resultados para os dois tratamentos e para a água não tratada. Todas as análises descritas foram realizadas em triplicata a fim de minimizar erros experimentais.

### Resultados e discussões

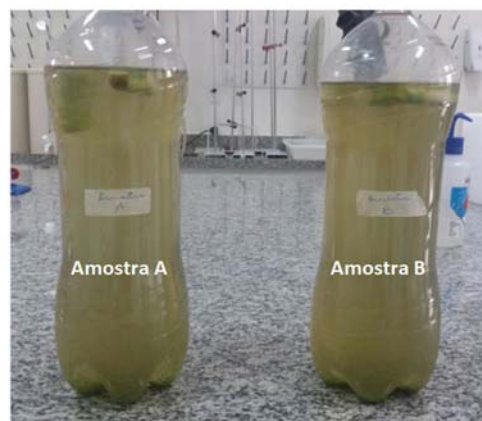
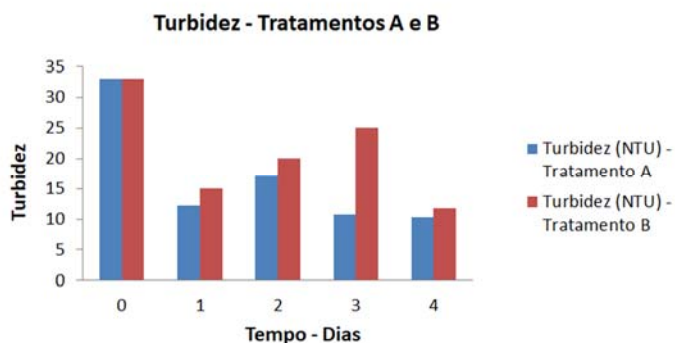
A água bruta coletada do rio Gurugi apresentou-se com aspecto visual turvo e de tonalidade esverdeada (Figura 2), indicando sua baixa qualidade em relação às características físico-químicas, fato confirmado pelo resultado das primeiras análises para os parâmetros considerados (Tabela 1). Após a adição do mandacaru, houve melhora nos parâmetros avaliados para os dois tipos de tratamento (com 10 e 20 gramas do cacto), como pode ser observado na Tabela 1, bem como no aspecto visual da amostra (Figura 3).



**Figura 2.** Aspecto visual da amostra de água proveniente do rio Gurugi, antes de ser iniciado o tratamento com fragmentos de mandacaru. Fonte: Autores, 2017.

**Tabela 1.** Resultados das análises físico-químicas para a água bruta e tratada coletada do rio Gurugi submetida aos tratamentos A e B (usando 10 e 20 gramas de mandacaru, respectivamente)..

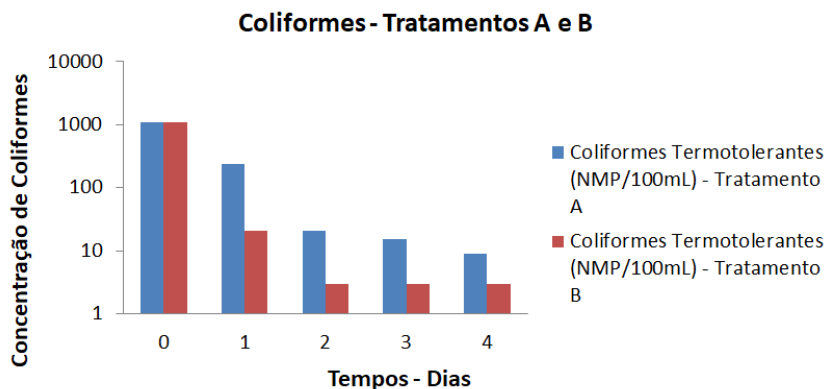
Parâmetros analisados	Água Bruta	Tratamento A (10 g)	Tratamento B (20 g)
pH	7.60	7.16	7.05
Temperatura (°C)	24	21	21
Turbidez (NTU)	33.0	12.2	15.0
Coliformes (NMP/100 mL)	>1100	240	21



**Figura 3.** (A) Evolução na concentração nível de turbidez da água do rio Gurugi para os Tratamentos A (10 g de mandacaru) e B (20 g de mandacaru) ao longo do tempo. (B) Aspecto visual da amostra de água do rio Gurugi após 24 horas submetida aos tratamentos A e B (usando 10 g e 20 g de mandacaru, respectivamente). Fonte: Autores, 2017.

A turbidez apresentou comportamento irregular, uma vez que, após 24 horas da adição do mandacaru, houve redução do seu valor nos dois tratamentos, como esperado. Entretanto, com o início da aplicação da SODIS, os valores de turbidez voltaram a crescer para ambos - com aumento mais expressivo para o Tratamento B - havendo novamente uma redução nos níveis desse parâmetro ao final das 18 horas de radiação solar (Fig. 3). Estas variações podem ser explicadas pelo fato de haver uma modificação na estrutura da pectina, que adquire um aspecto mais pastoso após as primeiras horas de exposição ao sol - provocando o aumento da turbidez - decantando em seguida, o que justifica a redução do parâmetro em questão ao final das 18 horas de radiação.

A Figura 4 apresenta a evolução da concentração de coliformes nas amostras de água ao longo do tempo. Foi possível observar uma diferença expressiva entre os Tratamentos A e B quanto à remoção de coliformes, sendo o Tratamento B - com maior quantidade de mandacaru - mais efetivo, atingindo 21 NMP/100 mL em comparação aos 240 NMP/100 mL obtidos no Tratamento A. Com o início da aplicação da SODIS, os valores de coliformes se encaminharam para um maior equilíbrio entre os dois tratamentos, com 9 NMP/100 mL para o tratamento A e <3 NMP/100 mL para o tratamento B ao final das 18 horas de radiação, como se pode observar na Figura 3.



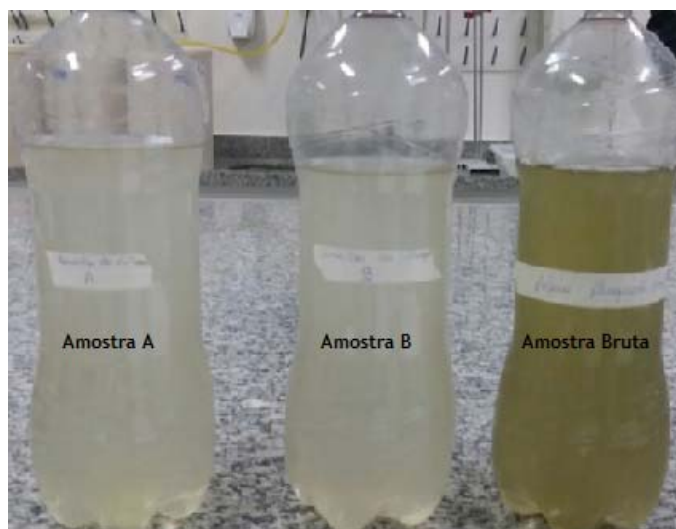
**Figura 4.** Evolução da concentração de coliformes nas amostras de água do rio Gurugi para os Tratamentos A (10 g de mandacaru) e B (20 g de mandacaru) ao longo do tempo.

Os valores obtidos para os parâmetros analisados após o início da exposição à radiação solar podem ser observados na Tabela 2. A temperatura da água sofreu elevações nos dois tratamentos, após a aplicação da SODIS, o que é compreensível, considerando o calor transmitido pela radiação solar. Por fim, o pH apresentou pequenas variações ao longo do processo nos dois tratamentos, mas sempre se mantendo próximo ao neutro.

Quanto ao aspecto visual da água, houve evolução significativa para os dois tratamentos após as 18 horas de radiação solar, como se pode observar na Figura 5.

**Tabela 2.** Resultados das análises físico-químicas para a água dos tratamentos A e B (usando 10 e 20 gramas de mandacaru, respectivamente), após 6, 12 e 18 horas de radiação solar.

Parâmetros Analisados	Após 6 hs de radiação solar		Após 12 hs de radiação solar		Após 18 hs de radiação solar	
	Tratamento A (10 g)	Tratamento B (20 g)	Tratamento A (10 g)	Tratamento B (20 g)	Tratamento A (10 g)	Tratamento B (20 g)
pH	6.82	7.05	6.89	6.98	6.05	6.19
Temperatura (°C)	30.1	29.7	29.4	30.0	23.0	23.8
Turbidez (NTU)	17.1	20.0	10.7	25.0	10.3	11.8
Coliformes (NMP/100 mL)	21	<3	15	<3	9	<3



**Figura 5.** Evolução do aspecto visual das amostras dos Tratamentos A (10 g de mandacaru) e B (20 g de mandacaru) após 18 horas de SODIS, em comparação à água bruta coletada do rio Gurugi. Fonte: Autores, 2017.

Como já mencionado, outros estudos (Lenz *et al.*, 2011, Zara; Thomazini; Lenz, 2012, Ostrowski, 2014, Belbahloul; Zouhri; Anouar, 2015) também utilizaram o mandacaru como coagulante, mas propondo metodologias diferentes, nas quais técnicas de extração da pectina foram empregadas no intuito de desenvolver um coagulante auxiliar ao sulfato de alumínio no tratamento da água.



Os resultados encontrados pelos autores foram satisfatórios, já que houve remoção da turbidez, quando comparado à utilização apenas do coagulante metálico. Porém, a sua implementação em comunidades de baixa renda se torna menos viável, uma vez que a aquisição e utilização do sulfato de alumínio, e a necessidade de extração da pectina implicam em custos financeiros mais elevados, além de exigirem um maior nível técnico por parte da população que utilizaria o processo, ressaltando, assim, a importância de se buscar técnicas mais simplificadas, como a que foi testada neste trabalho.

Outras pesquisas (Vijayaraghavan; Sivakumar; Kumar, 2011, Choy *et al.*, 2014) mencionam o uso de coagulantes de origem vegetal de forma independente ao uso dos sintéticos, reportando redução significativa da turbidez para diferentes espécies de cactos, como *Opuntia ficus*, *Cereus repandus* e *Stenocereus griseus*, além da remoção de bactérias como *Escherichia coli* e coliformes fecais, e absorção de metais pesados - parâmetro este não analisado no presente estudo. Entretanto, há uma ausência de estudos em relação ao uso do mandacaru como único coagulante, não tendo sido encontrados, também, relatos da aplicação conjugada da SODIS ao tratamento com cactáceas. Dessa forma, não foi possível estabelecer um comparativo para o comportamento irregular observado em relação ao parâmetro da turbidez. Esses fatores ressaltam a importância de um aprofundamento na temática desenvolvida nesta pesquisa.

### Conclusões

O mandacaru foi eficiente no tratamento da água, diminuindo a turbidez e a contaminação biológica. A aplicação de radiação solar direta foi um fator potencializador do processo de desinfecção, com melhores resultados correspondentes a um maior tempo de exposição ao sol. Em relação ao parâmetro biológico (coliformes termotolerantes), o tratamento contendo 20 gramas de fragmentos de mandacaru apresentou maior eficiência, atingindo resultados satisfatórios com apenas 6 horas de aplicação da SODIS. No entanto, em termos de parâmetros físicos, um aumento da turbidez foi observado após as primeiras horas de exposição ao sol, especialmente no tratamento contendo maior teor de mandacaru, devido à desnaturação da pectina presente no cacto. Contudo, esse processo foi revertido ao final das 18 horas de radiação, evidenciando a importância de um maior tempo de exposição à radiação solar direta.

Por fim, conclui-se que a utilização do mandacaru combinado à radiação solar, como método simplificado para tratamento de água, é plenamente possível e com resultados favoráveis, devendo-se ampliar os procedimentos de pesquisa a fim de padronizar o método mais eficiente de utilização da planta para fins de purificação de água em áreas onde não é possível a aplicação do tratamento convencional adequado.

## Referências

- Alves, T. R. (2015) *Eficiência de um sistema de desinfecção solar de águas residuárias domésticas com adição de diferentes doses de peróxido de hidrogênio*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 63 pp.
- APHA, AWWA, WEPP. (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19<sup>a</sup> Ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Belbahloul, M., Zouhri, A., Anouar, A. (2015) Biofloculants extraction from Cactaceae and their application in treatment of water and wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, **7**, 306-313.
- Cavalcante, A., Teles, M., Machado, M. (2013) Cactos do semiárido do Brasil: Guia Ilustrado. Campina Grande: INSA, 102 pp.
- Choy, S. K., Prasad, K. M. N., Wu, T. W., Raghunandan, M. E., Ramanan, R. N. (2014) Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. *Journal of Environmental Sciences*, **26**(11), 2178-2189.
- Guedes, R. S., Alves, E. U., Gonçalves, E. P. G., Bruno, R. L. A., Braga Junior, J. M., Medeiros, M. S. (2009) Germinação de sementes de *Cereus jamacaru* DC. em diferentes substratos e temperaturas. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. **31**(2), 159-164.
- Hernández, T. H., Hernández, H. M., De-Nova, J. A., Puente, R., Eguiarte, L. E., Magallón, S. (2011) Phylogenetic relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae). *American Journal of Botany*, **98**, 44-61. Acesso em 04 de julho de 2019, disponível em <http://www.amjbot.org/content/98/1/44.full.pdf+html>
- Jacinto Junior, J. J. de P. P. (2016) Avaliação da qualidade da água do rio Gramame ao longo do seu percurso no município de João Pessoa/PB. *Revista Ambiental*. 97-105. Acesso em 30 de junho de 2019, disponível em: [www.fpb.edu.br/revista/index.php/eng\\_amb](http://www.fpb.edu.br/revista/index.php/eng_amb)
- Lenz, G. G., Peruço, J. D. T., Thomazini, M. H., Rocha, E. M. S., Motta, C. V., Zara, R. PP. (2011) Ação de polímero natural extraído do cacto mandacaru (*Cereus jamacaru*) no tratamento de água. In: *Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica, 3 Anais*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Lobo, M. A. A., Lima, D. M. B., Souza, C. M. N., Nascimento, W. A., Araújo, L. C. C., Santos, N. B. (2013) Avaliação econômica de tecnologias sociais aplicadas à promoção de saúde: abastecimento de água por sistema Sodis em comunidades ribeirinhas da Amazônia. *Ciência & Saúde Coletiva*.
- Morgado, W. PP. PP. O. (2008) *Desinfecção de águas naturais por radiação solar utilizando os bioindicadores: Escherichia coli e Clostridium perfringens*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás. Escola de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, Goiânia, 125 pp.
- Oates, M., Shanahan, P., Polz, M. PP. (2003) Solar disinfection (SODIS): simulation of solar radiation for global assessment and application for point-of-use water treatment in Haiti. *Water Research*, **37**, 47-54.
- Ostrowski, J. (2014) *Utilização de extrato de cacto Cereus jamacaru como coagulantes auxiliares para a diminuição de turbidez da água de turbidez sintética*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Tecnologia em Processos Químicos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, 46 pp.
- Sales, M. S. L., Martins, L. V., Souza, I. Deus, M. S. M., Peron, A. P. (2014) *Cereus jamacaru* de candolle (cactaceae), o mandacaru do nordeste brasileiro. Publicação UEPG Ciências Biológicas e Saúde, **20**(2), 135-142.
- Scarpa, PP., Soares, A. P. (2012) Pegada Ecológica: Qual a sua? São José dos Campos: INPE, 24 pp.
- Sirigate, P., Stadler, C. C., Oroski, PP. I., Kovalski, J. L. (2005) Gestão da qualidade ambiental da água de mananciais de abastecimento público como estratégia de redução de custos. In: *Encontro Nacional de Eng. de Produção, 25 Anais...* Porto Alegre, RS, Brasil.
- Vijayaraghavan, G., Sivakumar, T., Vimal Kumar, A. (2011) Application of plant based coagulants for waste water treatment. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, **1**(1), 88-92.

- Vieira, V. P. P. B. (2010) Sustentabilidade do semiárido brasileiro: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **7**(4), 105-112.
- UNESCO (2018) *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos*. Resumo Executivo. Itália. Acesso em 28 de junho de 2021, disponível em: <http://portalods.com.br/wp-content/uploads/2018/03/261594por.pdf>
- Zara, R. P. P., Thomazini, M. H., Lenz, G. P. P. (2012) Estudo da eficiência de polímero natural extraído do cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru*) como auxiliar nos processos de coagulação e floculação no tratamento de água. *Revista de Estudos Ambientais*, **14**, 75-83.