

ESTUDOS SOBRE A INCORPORAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA AO CARVÃO ATIVADO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE FONTES ALTERNATIVAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Marley Oliveira Pedrosa (IFPB, Campus Sousa), Linaldo Leandro Lacerda (IFPB, Campus Sousa), Glauciene de Paula Souza Marcone (IFPB, Campus Sousa), Emmanuela Ferreira de Lima (IFPB, Campus Sousa), Samuel Guedes Bitu (IFPB, Campus Sousa).

E-mails: marley.oliveira@academico.ifpb.edu.br, linaldo.lacerda@academico.ifpb.edu.br, glauciene.marcone@ifpb.edu.br, emmanuela.lima@ifpb.edu.br, samuel.bitu@ifpb.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.06.04.07-3 Análise de Traços e Química Ambiental

Palavras-chave: nanoprata; carvão ativado; tratamento de água.

1. Introdução

Os sistemas aquáticos são diretamente afetados por mudanças climáticas, tornando mais vulneráveis territórios e populações que sofrem por estas, sobretudo por doenças de veiculação hídrica, como por exemplo, a cólera e a infecção por salmonela, que causam muitos danos, principalmente à população infantil, em países em desenvolvimento (AUGUSTO *et al.*, 2012) e evidenciam que a qualidade da água afeta diretamente a saúde humana (ARRUDA, 2011).

Atualmente, a maioria das Estações de Tratamento de Água (ETA) do Brasil aplica o tratamento convencional, através da utilização de basicamente três processos: decantação, filtração e cloração (GAMA, 2012; SANTOS & GOUVEIA, 2011), com a finalidade de eliminar o risco biológico. Alguns poluentes quando introduzidos no sistema aquático, podem ser alterados pela interação física e/ou química com a própria água, devido a características variáveis do meio, tais como pH, temperatura, dureza e microorganismos presentes, ou através da combinação com outros compostos químicos, intensificando ou reduzindo a sua toxicidade em seres humanos e organismos vivos (TOMINAGA & MIDIO, 1999).

Neste sentido, o aporte de contaminantes legislados (alguns metais, agrotóxicos, nutrientes inorgânicos e coliformes) e não legislados, tais como os contaminantes emergentes (fármacos, hormônios, nanomateriais e microplásticos), em córregos, nascentes e mananciais, contribui para a degradação das fontes hídricas, sobretudo em áreas como o semiárido nordestino (ANA, 2011; ABC, 2014), onde as fontes alternativas individuais de abastecimento público são uma realidade nas cidades como Sousa/PB, uma vez que o sistema de distribuição de água não contempla todas as áreas da região.

Por esta razão, visando contemplar uma investigação científica na área de tecnologias sustentáveis, sobretudo na temática do monitoramento e tratamento da poluição, este trabalho pretende utilizar estratégias da nanotecnologia, como a incorporação de nanopartículas de prata ao carvão ativado para viabilizar a remoção de impurezas e contaminantes de águas superficiais sem comprometer a redução da carga de microorganismos patogênicos do corpo hídrico de interesse, observando a questão da lixiviação de prata para a água a ser tratada.

2. Materiais e métodos

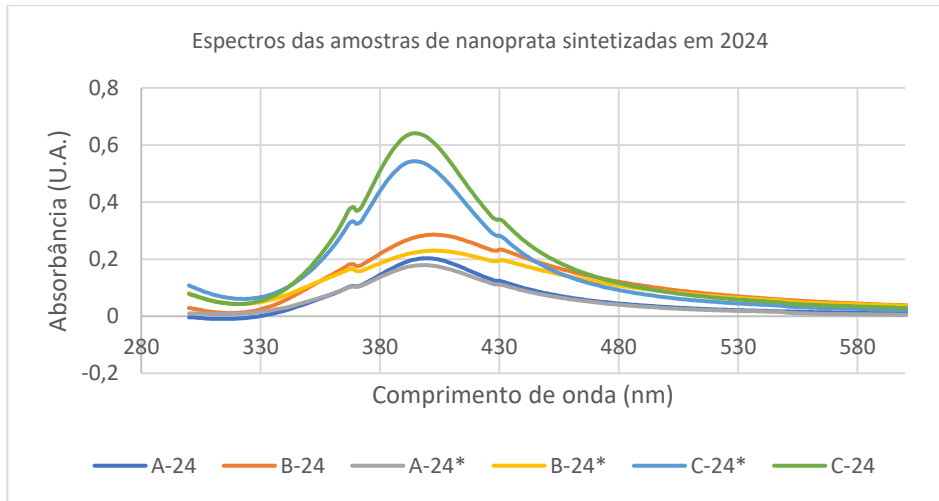
A amostra de nanoprata de forma esférica (C-24 de concentração 173,21 mgL⁻¹) utilizada na incorporação com o carvão ativado foi sintetizada pelo método de redução química (MARCONI, 2011), utilizando carboximetilcelulose (CMC), como estabilizante (DINÂMICA). Sua caracterização quanto à forma foi realizada através da técnica de absorção molecular UV-Visível (HEBEISH *et al.*, 2013), utilizando um espectrofotômetro (KASUAKI IL-0082-Y-BI). A incorporação da amostra de nanoprata (C-24:173,21 mgL⁻¹) com o carvão ativado (PRO SAÚDE) ocorreu sob radiação UV Visível.

Após 24h de exposição à radiação, as amostras foram armazenadas e posteriormente utilizadas no teste de lixiviação de prata (sob a forma de íons). Esse teste consistiu no contato de 1,4g da amostra de nanoprata (C-24) com a água bruta (300 mL divididos em 2 erlenmeyers de 150 mL) proveniente de fonte alternativa individual de abastecimento público, sob agitação por 12 horas utilizando uma mesa agitadora (CT-145 CIENTEC). Vale salientar que, antes e após a realização da exposição das amostras de água, foram realizadas as análises dos parâmetros físico-químicos: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Salinidade, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Turbidez e Cor, utilizando a sonda multiparâmetro (AKRO -KR86021) e as análises de Ag⁺ e Cl⁻ por titulometria (HARRIS, 2012; SKOOG, 2008). Para a realização das análises, respeitou-se os protocolos de coleta, armazenamento e execução das análises preconizados pelo *Standard Methods For The Examination of Water And Wasterwater* (APHA, 1998).

3. Resultados e discussão

O Gráfico 1 mostra os espectros de absorção plasmônica das amostras de nanop prata sintetizadas em janeiro/2024 (A-24; B-24 e C-24) e que foram submetidas à análise de estabilidade, ao ser repetida a medida espectral em maio/2025 (amostras denominadas, A-24*; B-24* e C-24*), observa-se que para todas as amostras, ocorreu uma pequena variação no pico de intensidade para as amostras com relação aos seus espectros registrados em 2025, cerca de 14 meses depois. Esta variação é provavelmente devido à diluição, necessária para o registro dos espectros, ou à oxidação da nanop prata à íons prata. A ausência de formação de picos adjacentes, alargamento de banda ou deslocamentos do $\lambda_{m\acute{a}x}$ de absorção em torno de 400 nm, evidenciam a estabilidade das amostras e a presença de nanop prata esférica.

Gráfico 1 – Espectros de absorção plasmônica das amostras de nanop prata sintetizadas com o estabilizador CMC



Fonte: Autoria própria (2025).

Para os testes de lixiviação de Ag^+ do material impregnado (AgNP-Cat), após o período de 24h de exposição com as amostras de água bruta de fonte alternativa individual de abastecimento público (Poço e Cisterna), observou-se que não ocorreu variação significativa entre os parâmetros físico-químicos antes e depois da exposição (Tabela 1).

Tabela 1 – Análises físico-químicas (antes e depois do teste de lixiviação)

	T	pH	Cond.	Salin.	STD (ppm)	Turb.	Cor	Cl ⁻	Ag ⁺
UNIDADES	°C	mg/L ou UT	µS/cm	ppt (mg/L)	ppm (mg/L)	NTU	PT (PCU)	mg/L	mg/L
ANTES									
CISTERNA	22,1	7,6	228,5	0,12	114,5	3,1	2,5	26,625	n.d
POÇO	24,6	7,9	1109,5	0,62	554,5	1,11	0	202,35	n.d
DEPOIS									
CISTERNA (AgNP-Cat)	22,3	8,3	304	0,16	152	1,2	10	33,725	n.d
POÇO (AgNP-Cat)	21,8	9,1	1193	0,67	598,5	1,06	0	193,48	n.d
ÁGUA DESTILADA (AgNP-Cat)	22,7	7,9	128	0,07	64,1	1,1	35	10,65	n.d

n.d = não detectado

Fonte: Autoria própria (2025).

De acordo com a Tabela 1, observa-se que antes do contato das amostras de cisterna e de poço com o material AgNP-Cat, observa-se uma baixa concentração de cloreto, 26,625 mg/L (CISTERNA) e 202,35 (POÇO). Os parâmetros, Temperatura, pH, cor e turbidez seguiram a mesma tendência e estão de acordo com os Valores Máximos Permitidos (VMP) pela Portaria GM/MS nº 888/2021 que versa sobre os padrões de potabilidade da água destinada para consumo humano. No entanto, para o parâmetro STD, os valores das medidas, antes e depois da exposição da amostra ao material AgNP-Cat, 554,5 mg/L e 554,5 mg/L, respectivamente, apresentaram VMP acima do estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Além disso, após o contato com água bruta, a amostra de cisterna apresentou ligeiro aumento nos valores de Turbidez e STD, mesmo atendendo VMP pela referida Portaria. Essa situação ocorreu também para a amostra de poço. Este aumento nos valores de Turbidez e STD para as amostras de cisterna e de poço, provavelmente foi devido à presença de resíduo do material, AgNP-Cat, após o processo de filtração.

4. Considerações finais

De acordo com os resultados obtidos, a aplicação de nanop prata em suspensão na incorporação mediada por luz UV-Visível ao carvão ativo foi satisfatória, uma vez que não foi detectada prata iônica no lixiviado. Adicionalmente, não foram observadas variações significativas dos parâmetros de qualidade de água potável após o contato do material AgNP-Cat e as amostras de água.

Para as próximas etapas do trabalho, pretende-se caracterizar o material, AgNP-Cat quanto à presença de nanop prata. Além disso, será revista a técnica de incorporação de nanop prata ao carvão ativo, assim como aprimorar o processo de contato de águas brutas com o material incorporado. Além disso, serão realizados testes de simulação de oxidação da nanop prata via sulfetos, presentes em águas poluídas, para observar a estabilidade do material, AgNP-Cat. Além disso, serão realizadas de forma qualitativa a avaliação da atividade bactericida deste material quando utilizado como material filtrante da água.

Agradecimentos

Coordenação do Curso Superior de Licenciatura em Química e à Direção Geral do IFPB campus Sousa.

5. Referências

- ABC, Academia Brasileira de Ciências. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. 2014. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf>>. Acesso em: 20/05/2025.
- ANA, Agência Nacional de Águas, 2011. **Conjuntura**. 205 pp.
- APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: American Public Health Association, 1998. 20ª.ed.
- ARRUDA, B. C. **Novas alternativas para remoção de contaminantes emergentes presentes em efluentes urbanos por processos avançados de oxidação**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- AUGUSTO, L. G. DA S. et al. **O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano**. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 1511–1522, 2012.
- GAMA, M. R. **Processos Fenton como Alternativa na Remoção de Interferentes Endócrinos e outros Micropoluentes Ambientais**. *Rev. Virtual Quim.*, v. 4, n. 6, p. 777–787, 2012.
- HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**, Editora LTC, 8ª edição, 2012.
- HEBEISH, A.; EL-RAFIE, M. H.; EL-SHEIKH, M. A. and EL-NAGGAR, M. E.; **Nanostructural Features of Silver Nanoparticles Powder Synthesized through Concurrent Formation of the Nanosized Particles of Both Starch and Silver**. *Journal of Nanotechnology*, Egypt, Aug. 2013.
- MARCONI, G. P. **Avaliação da ecotoxicidade de nanopartículas de dióxido de titânio e prata**. 2011. 208 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2011.
- Portaria GM/MS nº 8888/2021: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html
- SANTOS, S. M.; GOUVEIA, N. **Presença de trihalometanos na água e efeitos adversos na gravidez**. *Rev. Bras. Epidemiol.*, v. 14, n. 1, p. 106–119, 2011.
- SKOOG, D. A., West, D. M., Holler, F. J., Crouch, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**, Editora Thomson, tradução da 8ª edição, 2008.
- TOMINAGA, M. Y.; MIDIO, A. F. **Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada**. *Revista de Saúde Pública*, v. 33, n. 4, p. 413–421, 1999.