

AVALIAÇÃO DE MACROALGAS SUB-ANTÁRTICAS NA SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA

NATÁLIA LEITE GOULART¹; CAROLINA VERGARA²; LUCAS MORAES BERNEIRA²; NATHALIA PEREIRA KOLTZ DE LIMA²; SAMANTHA COELHO DE FREITAS²; CLAUDIO MARTIN PEREIRA DE PEREIRA³

¹Universidade Federal de Pelotas, Laboratório de Lipidômica e Bio-orgânica – nathisdot@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas, Laboratório de Lipidômica e Bio-orgânica

³ Universidade Federal de Pelotas – claudiochemistry@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As nanopartículas são materiais microscópicos, os quais são caracterizados por possuírem dimensões menores que 100 nm. Dentre esses nanomateriais, as nanopartículas conquistaram uma imensa relevância no ramo científico devido as suas propriedades químicas, eletrônicas e biomédicas (SALARI, et al., 2016). Em vista disso, as AgNPs são conhecidas pelas suas propriedades características como, estabilidade química, atividade catalítica, condutividade superior, propriedades ópticas e baixo custo de produção, podendo ter aplicações médicas, farmacêuticas, materiais e forenses (THAKKAR, et al., 2010).

A síntese de AgNPs pode ser realizada através de rotas químicas e físicas as quais são conhecidas por apresentarem toxicidade, alto custo e emprego de equipamentos complexos. Dessa forma, vem se utilizando outros materiais de partida como, por exemplo, organismos biológicos para realizar a síntese de AgNPs (BHUYAR, et al.; 2020). Dentre os organismos utilizados, as macroalgas possuem uma vasta composição de compostos bioativos, sendo um recurso renovável, de baixo custo e simples para a síntese de nanopartículas (ABDEL-RAOUF, et al., 2019). Assim esses métodos mais ecológicos estão sendo aplicados para a síntese de nanopartículas de prata, ouro, zinco, cobre e ferro, por exemplo, e evitam a utilização de solventes e reagentes tóxicos, diminuindo ou evitando a geração de resíduos e subprodutos durante a síntese (GONZÁLEZ-BALLESTEROS, et al., 2018).

As macroalgas habitam vários ambientes aquáticos em diferentes zonas temperadas, subtropicais, temperadas e polares do planeta. No caso das macroalgas que habitam a região sub-Antártica, que compreende a porção do extremo sul do Chile e da Argentina, esses organismos são induzidos a produção de bioativos devido a temperaturas extremamente baixas, variação na concentração de nutrientes e altos níveis de salinidade (SANTOS, et al., 2019). Devido a isso, as algas produzem compostos como, carboidratos, proteínas, compostos orgânicos voláteis e alginatos, importantes para a síntese das nanopartículas (BERNEIRA, et al., 2021).

Cabe ressaltar que o uso de macroalgas na síntese de nanomateriais ainda é pequeno quando comparado ao vasto número de espécies. Para macroalgas da região sub-Antártica, por exemplo, não existe nenhum estudo empregando esses organismos para a síntese de AgNPs. Assim, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a produção de AgNPs utilizando a macroalga vermelha sub-Antártica *Gigartina skottsbergii* coletada na região do Chile por meio de técnicas que incluem Espectroscopia no Ultravioleta-Visível (UV-Vis), Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (EI-TF), Espectroscopia de Raios X (EDX), Difração de Raios X (DRX) e Análise Granulométrica.

2. METODOLOGIA

A macroalga vermelha sub-Antártica, *Gigartina skottsbergii* foi coletada em Punta Arenas, na região subantártica do Chile, em 2018. A amostra foi lavada com água, identificada, seca, pulverizada e armazenada em sacos plásticos escuros a temperatura de - 20 °C antes da análise (SANTOS, et al., 2019).

Inicialmente, 2 g de biomassa de algas foram misturados em 100 mL de água destilada e a solução foi aquecida a 100 °C durante 1 h e após filtrada. Em seguida, o extrato foi misturado em uma solução 0,1 M de nitrato de prata (1:1, v/v) sob aquecimento por 1 h a 100 °C. Uma solução de 1 M de hidróxido de sódio foi utilizada para ajustar o pH a 11. Após a síntese, o material foi centrifugado a 4.000 rpm por 10 min. Finalmente, as nanopartículas foram isoladas, lavadas com água destilada e secas a 100 °C por 48 h. As AgNPs foram caracterizadas por Espectroscopia no UV-Vis (Bel, modelo LGS 53), EI-TF (Shimadzu, modelo EDX-720), EDX (Shimadzu, modelo EDX-720), DRX (Shimadzu, modelo XRD 2000) e Análise Granulométrica (CILAS 1064).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A síntese de AgNPs resultou em sólido de coloração prateada escura o que está de acordo com estudos anteriores que realizarem a síntese desses materiais (KYZIOŁ-KOMOSINSKA, et al., 2016). Para a confirmação da formação das AgNPs foram feitas análises laboratoriais com várias técnicas analíticas. Inicialmente, na caracterização por Espectroscopia no UV-Vis, os resultados mostraram que na comparação dos espectros houve diminuição das bandas, logo houve consumo dos constituintes que formam o extrato aquoso da macroalga, sendo assim um indicativo de que a reação de formação das nanopartículas ocorreu. Partindo para a técnica de EI-TF foi analisada a biomassa algal (**Figura 1a**) e o sólido prateado escuro (**Figura 1b**). A análise indicou que a fração polar da macroalga *G. skottsbergii* era composta de vários fitoquímicos como carboidratos e lipídios devido a, presença das bandas de grupos hidroxila (3430 cm^{-1}), carbonila (1670 cm^{-1}), ligações carbono-oxigênio (1130 cm^{-1}), e ligações carbono-prata (660 cm^{-1}). A presença de constituintes fitoquímicos nos extratos de macroalgas tem recebido atenção pela sua importante prevenção na aplicação em doenças humanas bem como para a síntese de nanomateriais (HAQ, et al., 2019). Comparando os espectros, houve a diminuição da banda de ligações carbono-oxigênio (1130 cm^{-1}) possivelmente pela formação dos AgNPs, assim como nas de grupos hidroxila (3430 cm^{-1}) e carbonila (1670 cm^{-1}).

A análise por EDX indicou que a amostra apresentava 98,5% de composição de prata, estando similar a estudos anteriores indicando que a síntese foi adequada (PRIYADHARSHINI, et al., 2014). Além disso, outros metais foram encontrados em concentrações perceptíveis tais como bromo (0,3%), potássio (0,45%) e enxofre (0,15%). Esses metais são provenientes dos reagentes ou da biomassa algal (PASSOS ET AL., 2021). Já a análise do DRX apresentou picos referentes a estrutura cúbica da prata. Além desses, picos relacionados a formação de cloreto de prata também foram observados, podendo ser atribuído a presença de resíduos de cloreto oriundo das algas, que resultou na formação de AgCl durante o processo de síntese. Entretanto, estes resultados indicam que a metodologia proposta foi efetiva para produção de AgNPs. Quanto a Análise Granulométrica, foi revelado um tamanho médio de partícula de $91.72\text{ }\mu\text{m}$.

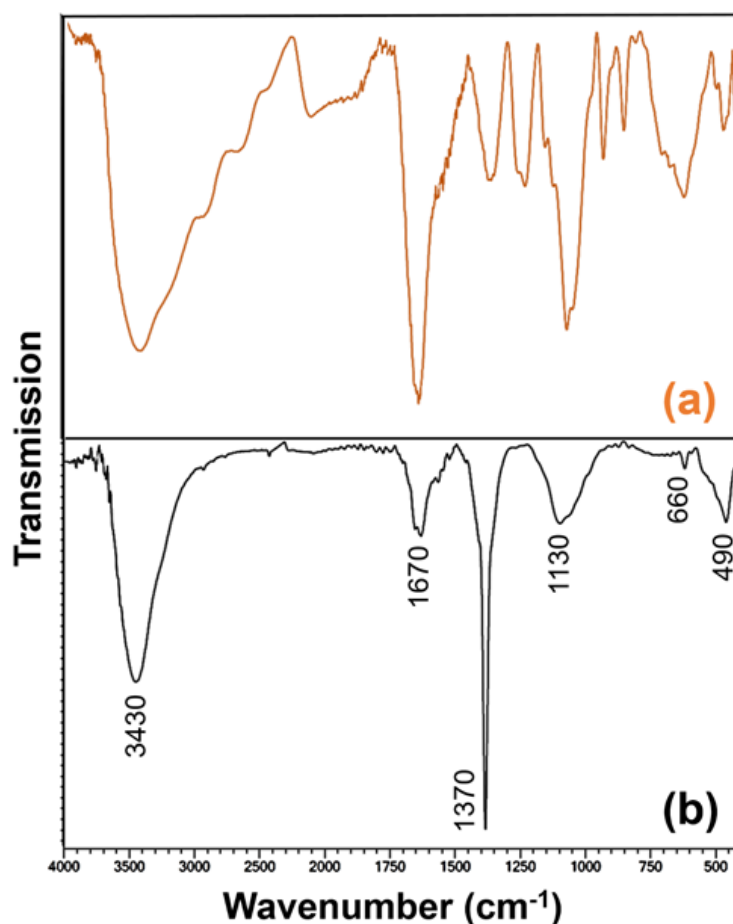


Figure 1. Análise EI-TF do extrato aquoso de *G. skottsbergii* (a) e de AgNPs sintetizados a partir do extrato aquoso da macroalga (b).

A síntese das AgNPs foi concluída com sucesso, e também é uma ótima alternativa como síntese verde, com a utilização de macroalgas, são empregados processos seguros comparados a outros métodos, além de ser uma técnica de valor acessível e amigável ao meio ambiente (ABDEL-RAOUF, et al., 2019).

4. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados, a síntese de nanopartículas de prata utilizando, pela primeira vez uma macroalga proveniente de uma região sub-Antártica, *Gigartina skottsbergii*, foi satisfatória. Assim, esse organismo pode ser uma alternativa de baixo custo, renovável e com nenhuma ou pouca toxicidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SALARI, Z.; DANAFAR, F.; DABAGHI, S.; ATAEL, S. Sustainable synthesis of silver nanoparticles using macroalgae *Spirogyra varians* and analysis of their antibacterial activity. **Journal of Saudi Chemical Society**, Irã, v.20, n.4, p.459-464, 2016.

THAKKAR, K.; MHATRE, S.; PARIKH, R. Biological synthesis of metallic nanoparticles. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine**, India, v.6, n.2, p.257-262, 2010.

BHUYAR, P.; RAHIM, M.; SUNDARARAJU, S.; RUMARAJ, R.; MANIAM, G.; GOVINDAN, N. Synthesis of silver nanoparticles using marine macroalgae *Padina* sp. and its antibacterial activity towards pathogenic bacteria. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, Malásia, v.9, n.3, 2020.

GONZÁLEZ-BALLESTEROS, N.; RODRÍGUEZ-ARGÜELLES, M.C.; PRADO-LÓPEZ, S.; LASTRA, M.; GRIMALDI, M.; CAVAZZA, A.; NASI, L.; SALVIATI, G.; BIGI, F. Macroalgae to nanoparticles: Study of *Ulva lactuca* L. role in biosynthesis of gold and silver nanoparticles and of their cytotoxicity on colon cancer cell lines. **Materials Science & Engineering C**, Espanha, v.97, p.498-509, 2019.

SANTOS, M.; FREITAS, S.; BERNEIRA, L.; MANSILLA, A.; ASTORGA-ESPAÑA, M.S.; COLEPICOLO, P.; PEREIRA, C. Pigment concentration, photosynthetic performance, and fatty acid profile of sub-Antarctic brown macroalgae in different phases of development from the Magellan Region, Chile. **Journal of Applied Phycology**, Brasil, v.31, n.4, p.2629-2642, 2019.

BERNEIRA, L.; SILVA, C.; PASSOS, L.; MANSILLA, A.; SANTOS, M.; PEREIRA, C. Evaluation of volatile organic compounds in brown and red sub-Antarctic macroalgae. **Brazilian Journal of Botany**, Brasil, v.44, n.1, p.79-84, 2021.

KYZIOL-KOMOSINSKA, J.; BARAN, A.; ROSIK-DULWESKA, C.; CZUPIOL, J.; NONCEL, S.; DZIENISZEWSKA, A. Impact of Different Washing Conditions on the Release of Ag Species from Textiles. **Journal of Civil & Environmental Engineering**, Polônia, v.6, n.3, p.2-11, 2016.

HAQ, S.; AL-RUWAISHED, G.; AL-MUTLAQ, M.; NAJI, S.; AL-MOGREN, M.; AL-RASHED S.; AIN, Q.; AL-AMRO, A.; AL-MUSSALLAM, A. Antioxidant, Anticancer Activity and Phytochemical Analysis of Green Algae, *Chaetomorpha* Collected from the Arabian Gulf. **Scientific Reports**, Arábia Saudita, v.9, 2019.

PASSOS, L.; BERNEIRA, L.; POLETTI, T.; MARIOTTI, K.; CARREÑO, N.; HARTWIG, C.; PEREIRA, C. Evaluation and characterization of algal biomass applied to the development of fingerprints on glass surfaces. **Australian Journal of Forensic Sciences**, Brasil, v.53, n.3, p.337-346, 2021.

ABDEL-RAOUF, N.; AL-ENAZI, N.; IBRAHEEM, I.; ALHARBI, R.; ALKHULAIFI, M. Biosynthesis of silver nanoparticles by using of the marine brown alga *Padina pavonia* and their characterization. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Arábia Saudita, v.26, n.6, p.1207-1215, 2019.