

**DESENVOLVIMENTO DE SENSORES NANOESTRUTURADOS PARA
MONITORAMENTO DE GEOSMINA E 2-METILISOBORNEOL EM AMOSTRAS DE
ÁGUA**

Fernanda L. Migliorini^{1,*}, Kelcilene B. R. Teodoro¹, Danilo M. dos Santos¹, Fernando J. Fonseca²,
Luiz H. C. Mattoso¹, Daniel S. Correa¹

¹ *Embrapa Instrumentação, Rua: XV de Novembro, 1452, São Carlos*

² *Universidade de São Paulo, Prof. Almeida Prado, 1280, São Paulo*

* *Autor correspondente, e-mail: fernandamigliorini@yahoo.com.br*

Resumo: Geosmin (GSM) e Metilisoborneol (MIB) são substâncias comumente encontradas na água do rio e surgem devido ao processo de eutrofização. Tais contaminantes afetam as propriedades organolépticas da água, dificultando seu consumo e seu uso nas indústrias de bebidas. Como o limiar de percepção humana para esses compostos é baixo, os dispositivos destinados à sua detecção devem ser sensíveis o suficiente para detectar concentrações tão baixas quanto alguns nanogramas por litro, a fim de garantir os parâmetros de qualidade da água. Neste trabalho, uma língua eletrônica foi aplicada na determinação elétrica de geosmina e metilisoborneol em água pura e fluvial. Os filmes finos depositados nos eletrodos interdigitados com ouro foram baseados em poliamida 6, polipirrol e polianilina, mas fabricados por eletrospinning. O dispositivo foi capaz de discriminar a água pura de soluções contaminadas com geosmina e metilisoborneol em concentrações tão baixas quanto 25 ng.L⁻¹, com alta correlação de dados e boa reprodutibilidade.

Palavras-chave: Língua eletrônica, Eletrospinning, Nanomateriais, Geosmina, 2-Metilisoborneol.

***DEVELOPMENT OF NANOSTRUCTURED SENSORS FOR MONITORING GEOSMIN AND
2-METHYLISOBORNEOL IN WATER SAMPLES***

Abstract: Geosmin (GSM) and Metilisoborneol (MIB) are substances commonly found in river water and arise due to eutrophication process. Such contaminants affect the organoleptic properties of water, hampering its consumption and its use in beverage industries. As the human perception threshold for these compounds is low, the devices aimed at their detection must be sensible enough to detect concentrations as low as a few nanogram per liter in order to guarantee the water quality parameters. In this work, an electronic tongues was applied in the electrical determination of geosmin and metilisoborneol in pure and river water. The thin films deposited onto gold interdigitated electrodes were based on polyamide 6, polypyrrole and polyaniline, but fabricated by electrospinning. The device was able to discriminate pure water from solutions tainted with geosmin and metilisoborneol in concentration as low as 25 ng.L⁻¹, with high data correlation and a good reproducibility.

Keywords: Electronic Tongue, Electrospinning, Nanomaterials, Geosmin, 2-Methylisoborneol.

1. Introdução

A qualidade da água que é distribuída à população é um dos assuntos de grande interesse hoje, pois, por se originar de rios, lagos, represas, entre outros, pode conter diferentes tipos de resíduos. Esses resíduos podem ser altamente variáveis, como sal dissolvido, microorganismo ou até contaminação por metais pesados, pesticidas, hormônios, entre outros. Quando há um aumento excessivo de nutrientes na água, pode ocorrer a proliferação de algas. Essas algas podem ser formadas a partir de cianobactérias, consideradas tóxicas, dependendo da concentração, e podem produzir compostos que dão sabor e odor repugnantes à água (BRAGA et al., 2012 and IZAGUIRRE; TAYLOR, 2004). A geosmina e 2-metilisoborneol são considerados dois desses

compostos que conferem sabor e odor de terra e mofo às águas, respectivamente, mesmo em baixas concentrações (BRAGA et al., 2012). Dessa forma, a presença desses compostos na água potável deve ser monitorada e controlada por instrumentação altamente sensível, de fácil manuseio, principalmente porque esses compostos são a principal fonte de reclamações das empresas de água e, devido ao sabor desagradável, também podem afetar as empresas de bebidas e a aquicultura. Neste contexto, aqui relatamos o desenvolvimento de um sistema de língua eletrônica composto por eletrodos modificados com nanofibras eletrofiadas de poliamida 6/polipirrol e poliamida 6/polianilina modificados com nanomateriais distintos (nanopartículas de ouro e prata) para monitorar amostras de água contaminadas por concentrações diferentes de geosmina e 2-metilisoborneol.

2. Materiais e Métodos

Os nanocompósitos foram produzidos a partir de combinações de poliamida 6/polipirrol e poliamida 6/polianilina modificados com nanomateriais distintos (nanopartículas de ouro (AuNp) e nanopartículas de prata (AgNp)) usando a eletrofição como técnica de processamento das nanofibras e a modificação foi realizada por imersão das nanofibras em suspensões híbridas para promover a adsorção dessas estruturas. Por meio de medidas de impedância, os dados de resistência elétrica foram tratados estatisticamente por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), com o objetivo de avaliar a discriminação de amostras de água contaminadas com geosmina e 2-metilisoborneol.

3. Resultados e Discussão

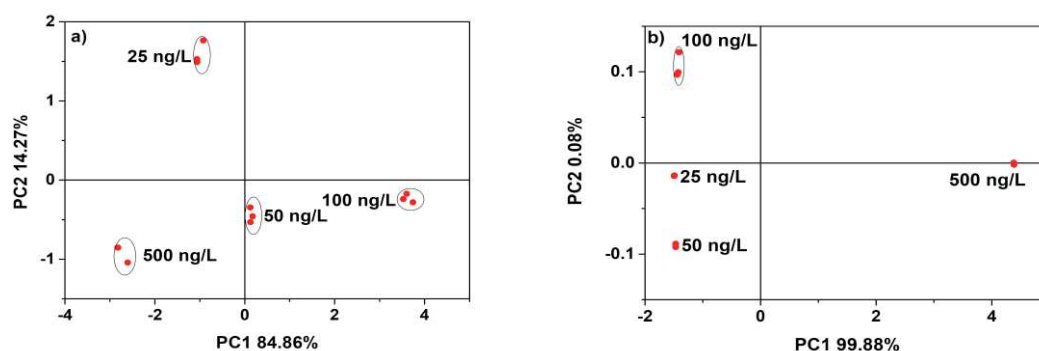


Figura 1. Gráficos PCA para os dados de resistência elétrica em 1KHz obtidos com o sistema de língua eletrônica para detecção de (a) metilisoborneol e (b) geosmina em água destilada.

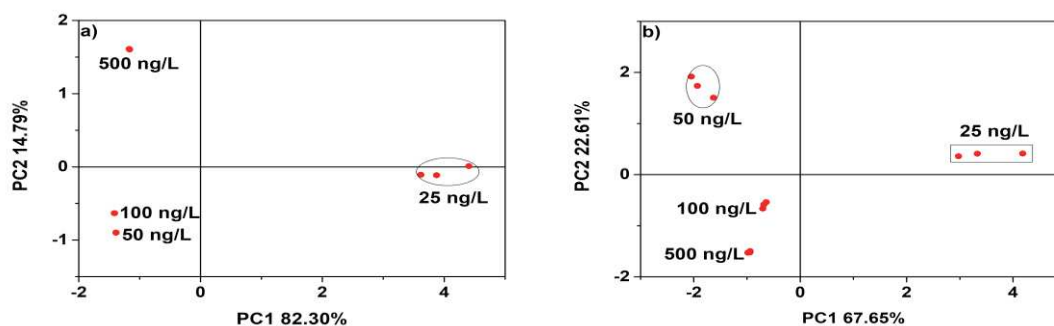


Figura 2. Gráficos PCA para os dados de resistência elétrica em 1KHz obtidos com o sistema de língua eletrônica para detecção de (a) metilisoborneol e (b) geosmina em água de rio.

Para desenvolver um sensor químico para amostras de geosmina e 2-metilisoborneol, foi utilizado um sistema de língua eletrônica, composto por 7 eletrodos interdigitados (IDEs): um IDE

simples, um IDE modificado com poliamida 6/polipirrol, um IDE modificado com poliamida 6/polipirrol/NpAg, um IDE modificado com poliamida 6/polipirrol/NpAu, um IDE modificado com poliamida 6/polianilina, um IDE modificado com poliamida 6/polianilina/NpAg e um IDE modificado com poliamida 6/polianilina/NpAu. Na Figura 1 (a), temos o PCA para este conjunto de sensores para as diferentes concentrações de geosmina e 2-metilisoborneol coletadas usando os dados de capacidade elétrica a 1kHz. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados mostraram que o sistema desenvolvido pode discriminar facilmente as amostras de águas contaminadas com diferentes concentrações dos contaminantes. A soma das componentes principais (PC1 + PC2) resultou em uma variação de 99,13% e 99,96 para 2-metilisoborneol e a geosmina respectivamente, sendo que a variação foi dominada pelo PC1. Além disso, para avaliar a aplicabilidade do nosso sistema de língua eletrônica para análises ambientais reais, também foram preparadas soluções com amostras de água do rio contendo diferentes concentrações dos contaminantes. A amostra de água do rio foi coletada no rio Monjolinho (localizado em São Carlos - São Paulo / Brasil) e filtrada usando um filtro de papel (J Prolab JP42). O PCA exibido na Figura 2 mostra que a língua eletrônica é muito eficaz em discriminar as diferentes concentrações de geosmina e 2-metilisoborneol mesmo em amostras reais, produzindo novamente uma separação muito clara.

4. Conclusões

Em resumo, uma plataforma à base de nanofibras eletrofiadas de poliamida 6/polipirrol e poliamida 6/polianilina modificadas com nanomateriais distintos (nanopartículas de ouro (AuNp) e nanopartículas de prata (AgNp)) foi desenvolvida com sucesso utilizando microeletrodos interdigitados de ouro, com o objetivo de detectar geosmina e 2-metilisoborneol em água, a partir de um sistema de língua eletrônica. O sistema desenvolvido discriminou facilmente esses contaminantes, mesmo em concentrações baixas com alta reprodutibilidade, independentemente das amostras terem sido preparadas com água destilada ou água fluvial.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (2014/21184-5, 2017/12174-4, 2017/20973-4 e 2018/09414-6), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/PQ 303.796/2014-6, CNPq/402.287/2013-4), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) e a EMBRAPA. Os autores também agradecem a Angelo L. Gobbi e Maria H. O. Piazzetta por sua assistência no laboratório de microfabricação (LMF / LNNano-LNLS).

Referências

- BRAGA, G.S.; PATERNO, L.G., FONSECA, F.J. Performance of an electronic tongue during monitoring 2-methylisoborneol and geosmin in water samples. *Sensors and Actuators B: Chemical*, p. 181–189, 2012.
- IZAGUIRRE, G.; TAYLOR, W.D. A guide to geosmin and MIB producing cyanobacteria in a Mediterranean rive. *Water Sci. Technol.*, p. 19-24, 2004.