

## Sensor Eletroquímico de Grafeno por Indução a Laser (LIG) Modificado para Detecção de Dopamina

LUCAS M. GONÇALVES<sup>1</sup>; BRUNO V. LOPES<sup>2</sup>; VICTORIA P. MONKS<sup>2</sup>;  
AMANDA A. GOMES<sup>2</sup>; ADRIELI U. OLIVEIRA<sup>2</sup>; NEFTALÍ L. V. CARREÑO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – lucasmingon@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – lopesbruno13@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – neftali@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

A Dopamina (DA) é um neurotransmissor (mensageiro químico entre células nervosas no cérebro e no resto do corpo), que permite a sensação de bem-estar, ligado a sensação de recompensa ou reforço positivo (WATSON, 2021). Segundo a Organização Mundial de Saúde, a variação de DA está diretamente correlacionada à presença de diversas doenças como mal de Parkinson, transtornos de esquizofrenia, Alzheimer e depressão (COSTANZA, 2020). Essas doenças estão diretamente ligadas à perda ou desequilíbrio da concentração de dopamina no corpo. Os métodos convencionais de monitoramento ou regulação de dopamina são realizados por meio de exames de urina, sangue e/ou por implantes cerebrais de sensores que utilizam voltametria cíclica, auxiliando, em melhora clínica (MATTOS, 2015).

De modo geral, a faixa normal de concentração de dopamina no plasma sanguíneo está entre 0 e 30 pg/mL (195,8 pmol/L). No entanto, essa determinação de normalidade depende de qual análise é realizada (WOOLF, 2014). Se aplicada a técnica do método de Schirmer's em lágrimas humanas, a concentração de DA esperada, está na faixa entre 152 e 519,1 pg/ml (3,38umol/L) (Sharma, 2018).

Uma técnica alternativa para a detecção de dopamina ainda não comercializada é a utilização de sensores eletroquímicos. Técnicas eletroquímicas são ferramentas que auxiliam na análise e determinação de problemas. Sensores eletroquímicos são capazes de coletar informações e dados de um ambiente estudado e apresentar boa sensibilidade, condutividade, estabilidade, reprodutibilidade e precisão ao determinar e identificar o analito estudado (VILIAN, 2016). A utilização dos sensores eletroquímicos é vantajosa também pelo seu baixo custo (LI, 2017) e sua praticidade para carregar de um lugar a outro (ANUAR, 2020).

Neste trabalho para o congresso de iniciação científica foi desenvolvido um sensor eletroquímico não-enzimático, de baixo custo, produzido com grafeno por indução a laser modificado e modificado com nitrato de níquel e ureia, para detecção de dopamina em ambiente controlado. Aplicaram-se análises de voltametria cíclica e voltametria de pulso diferencial, como técnicas para obtenção de respostas para o sensor.

### 2. METODOLOGIA

No processo de obtenção dos sensores foram desenvolvidos chips com 3 eletrodos, sendo eles, eletrodo de referência, eletrodo de trabalho e contra-eletrodo. O formato dos eletrodos foi definido utilizando o software Inkscape para trabalhar com imagens vetoriais. Para a obtenção dos eletrodos do chip foi utilizado um filme polimérico de poliimida (comercialmente fita Kapton®), colada em uma placa de polietileno (PE), que é submetida a gravação direta a laser (GDL) (desenvolvido por Lin et al., em 2014) de uma máquina de gravação a laser de CO<sub>2</sub> da marca Visutec cujo, modelo é o Router VS3020P, a máquina queima a fita com elevada temperatura (>2500 °C.) a velocidade de 100 mms<sup>-1</sup> e potência de 8% da capacidade da laser de 40 W (Utilizado 3,2 W). A fita é queimada uma primeira vez, dando forma a todo sensor, depois foram aplicadas diferentes técnicas de modificação do grafeno, na circunferência do eletrodo de trabalho.

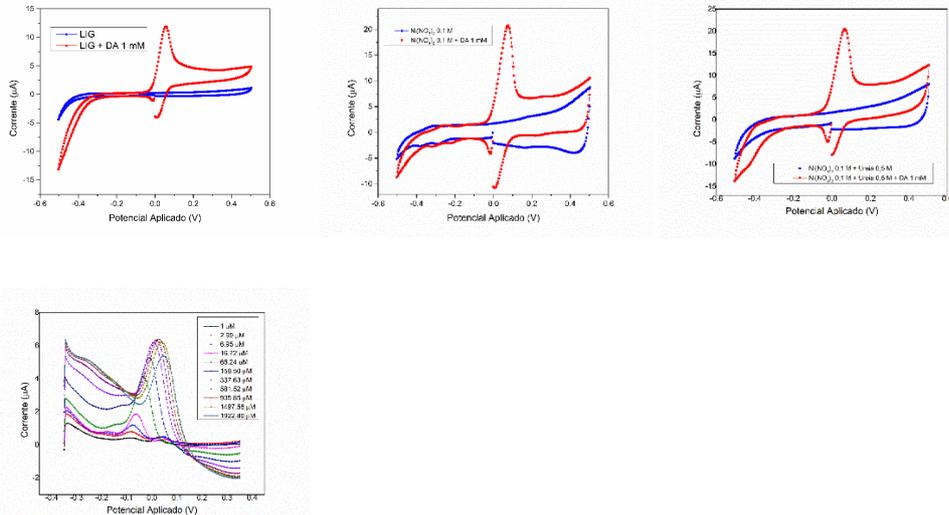
Na técnica de drop-casting é pingado 10 µL (microlitros), da solução de cada modificante, na circunferência do eletrodo de trabalho, após a secagem em temperatura ambiente, os sensores são lavados com água destilada para retirada do excesso de solução no eletrodo de trabalho e é esperado a secagem dos sensores a temperatura ambiente. Como tinta estabilizante para o eletrodo auxiliar, foi utilizada uma tinta de prata cloreto de prata no quadrado ao lado da circunferência do eletrodo de trabalho. Para obtenção de boa interação elétrica entre eletrodos e potenciostato foram aplicadas nos 3 eletrodos uma tinta de prata supercondutora. Em seguida é utilizada cola-quente para a obtenção de uma circunferência onde serão depositados os eletrólitos de análise dos sensores eletroquímicos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado em bibliografias, foram produzidos sensores com diversos compostos para a detecção de DA, dentre eles, foram fabricados sensores LIG puro, LIG modificado com Nitrato de Níquel e LIG modificado com Nitrato de Níquel e Ureia.

Com todas as análises em triplicata dos diversos sensores fabricados foi possível observar o desempenho de cada e determinar qual possui o melhor rendimento para a detecção de dopamina. Como sensor usado para referência foi utilizado o sensor de LIG sem modificações para servir de grupo controle em todos

os testes de obtenção de resultados pelos sensores modificados. A capacidade de detecção ideal foi determinada como limite inferior de detecção em 1  $\mu\text{M}$  DA e limite superior de detecção em 65,24  $\mu\text{M}$  DA.



**Figura 1:** A) Gráfico LIG. B) Gráfico nitrato de níquel. C) Gráfico nitrato de níquel e ureia. D) Gráfico concentrações de níquel e ureia.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram estudados sensores eletroquímicos para detecção de dopamina pela técnica de grafeno induzido por laser, que se destacam em relação às técnicas de detecção comerciais e convencionais, pois sua preparação é rápida, fácil e com reduzido custo de obtenção, permitindo a fabricação em larga escala.

Foi concluído a partir deste trabalho que o nitrato de níquel com ureia se mostrou um bom modificador de LIG para detecção de DA em sensores eletroquímicos não enzimáticos. Que para um sensor não enzimático o sensor de LIG com nitrato de níquel com ureia possui um excelente desempenho de detecção de DA, até mesmo em baixas concentrações, como no caso, onde detectou-se concentrações a partir 1  $\mu\text{M}$  de DA. E a metodologia utilizada, bem como os procedimentos e parâmetros utilizados na produção e modificação dos sensores de dopamina se mostraram eficazes.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WATSON, Stephanie. Dopamine: the pathway to pleasure. Harvard Health Publishing, 20 de jul. 2021. Disponível em: <https://www.health.harvard.edu/mind-and-mood/dopamine-the-pathway-to-pleasure>. Acesso em: 25 jul. 2023.

COSTANZA, A. et al. When Sick brain and hopelessness meet: some aspects of suicidality in the neurological patient. *CNS & Neurological Disorders – Drug Targets*, Bentham Science, v. 19, n. 4, p. 257-263, 2020.

MATTOS, Litza. Medidor de Dopamina ajuda a controlar crise em transtornos. *O TEMPO*, 14 jul. 2015. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/interessa/medidor-de-dopamina-ajuda-a-controlar-crise-em-transtornos-1.1069350>. Acesso em 25 jul. 2023.

WOOLF, P. D. et al. Evaluation of the dopamine response to stress in man. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, v. 56, n. 2, p. 246-250, 1983.

SHARMA, Niyati Sheshagiri et al. Dopamine levels in human tear fluid. *Indian Journal of Ophthalmology*, v. 67, n. 1, p. 38-41, 2019.

VILIAN, A.T.E. et al. Fabrication of 3D honeycomb-like porous polyurethane-functionalized reduced graphene oxide for detection of dopamine. *Biosensors and Bioelectronics*, v. 86, p. 122-128, 2016.

ANUAR, N.S. et al. A dopamine electrochemical sensor based on a platinum-silver graphene nanocomposite modified electrode. *Royal Society of Chemistry, RSC Adv.*, v.10, p. 17336-17344, 2020.

LIN, J. et al. Laser-induced porous graphene films from commercial polymers. *Nature Communications*, [S.I.], v. 5, p. 1-8, 2014.