TRABALHO COMPLETO
FULL PAPER
XXVIII SEPE
Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão
Teaching, Research and Extension Symposium
ISSN: 2316-9745
24 A 26 DE SETEMBRO DE 2024
SEPTEMBER 24th to 26th, 2024
UFN
https://doi.org/10.48195/sepe2024.28602

UTILIZAÇÃO DE NANOMATERIAIS COMO SENSORES PARA IDENTIFICAÇÃO DE DROGAS ILÍCITAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Igor Costa do Amaral[1]; Cláudia Lange dos Santos[2]

RESUMO

O consumo crescente de drogas, principalmente na população jovem, tem aumentado em níveis extremos nas últimas décadas, gerando um aumento de acidentes, crimes e overdoses. O estudo dos nanomateriais vem gerando inovações frequentes, com um crescimento expressivo desde a década passada. Com esse estudo pretendemos analisar as possibilidades de identificação da presença de drogas ilícitas no sistema humano de maneira mais rápida e eficaz do que os métodos conhecidos. Foi realizada uma revisão da literatura demonstrando os possíveis materiais a serem utilizados para a percepção de algumas das drogas mais comuns atualmente. A pesquisa foi focada nanofios, demonstrando também algumas outras nanoestruturas. Existe uma baixa quantidade de trabalhos publicados na área, apesar de a grande maioria deles demonstrarem resultados importantes. Isso mostra que este campo de pesquisa é bastante promissor.

Palavras-chave: Semicondutores; Propriedades Eletrônicas; Nanofios; Adsorção.

ABSTRACT

The crescent recreational drug consumption, especially in the young population, has risen to extreme levels in the last decades, generating an increase in accidents, crime and overdose. The nanomaterial study has been generating frequent innovations, with an expressive growth since the last decade. With this study, we will analyze the identification of illicit drugs on the human system in a faster and more efficient way than the known methods. We made a literature review demonstrating the possible materials to be utilized on some common drug perception. The research was focused on nanowire systems, showing some other nanostructures.There is a low number of published work in this area, despite most of them showing important results. This shows that this field of research is very promising.

Keywords: Semiconductors; Electronic Properties; Nanowires; Adsorption.

Eixo Temático: Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento Sustentável.

[1] Autor/Apresentador – Programa de Pós Graduação em Nanociências – Universidade Franciscana, igoramaral525@gmail.com
[2] Demais Autores - Programa de Pós Graduação em Nanociências – Universidade Franciscana, claudialange@ufn.edu.br
[2]

1. INTRODUÇÃO

O uso abusivo de drogas tem sido um problema há décadas, gerando grandes problemas sociais (Ignaszewski, 2021). Diversos fatores contribuem com a dependência química gerada por essas substâncias, dentre eles, a falta de condições monetárias ou a democratização das drogas como algo necessário dentro do âmbito de interação social (Delgado-Lobete *et al.,* 2021).

Os métodos de identificação dessas substâncias costumam levar muito mais tempo do que o ideal para diagnósticos em cenas (Degenhardt; Hall, 2012). As formas mais comuns de testagem costumam ser exames de sangue, urina ou saliva, o que atrasa em muito investigações decorrentes de problemas causados pelo seu uso (Terry-Mcelrath;O'Malley; Johnston, 2013).

Dentro desse contexto, o uso de sistemas em escala nanométrica pode ser uma alternativa para abordar esse problema. As novas propriedades relacionadas com o confinamento quântico e com o aumento da área superficial dos nanomateriais geram possibilidades inovadoras em várias áreas de pesquisa (Hochella Jr, 2002). Dentre as nanoestruturas amplamente estudadas pode-se citar os nanotubos (Ajayan, Tour, 2007; Rathinavel, Priyadharshini, Panda, 2021), o grafeno (Geim, 2009; Urade, Lahiri, Suresh, 2023) e os nanofios (Lu, Lieber, 2006; Hsu, 2023). Dentro dessa última classe de nanomateriais, alguns que tiveram um grande destaque foram os nanofios semicondutores (Law; Goldberger; Yang; 2004; Mcintyre; I Morral; 2020).

Nesta categoria de nanofios, variadas utilizações foram propostas, uma delas sendo, a utilização como detectores (Zou; *et al*; 2018). Este uso acaba gerando uma viabilidade para testes rápidos e eficazes na identificação de substâncias no sistema humano (Wang *et al*; 2016). Essa forma de usar também é aplicada com outros materiais.

Neste trabalho realizamos uma revisão da literatura com o objetivo de explorar o potencial de sistemas nanoestruturados, com foco em nanofios semicondutores, que demonstra a importância deste tipo de estudo como prevenção de crimes e identificação de pessoas em estado de dependência.

2. METODOLOGIA

Foi realizada uma busca em língua inglesa nas bases de dados *Google Scholar* e *Web of Science* utilizando as palavras chave “nano*”, “sensors” e “illicit drug detection”. Foram utilizadas as duas bases de dados pela falta de acesso liberado à alguns artigos. O volume de trabalhos sem utilização de recorte temporal foi alto, de 216 artigos, entretanto, foram desconsiderados artigos de revisão e artigos que não tínhamos acesso através da rede da universidade. Com a leitura dos resumos e títulos, grande parte dos resultados não possuía relação real entre a detecção de drogas e o nanomaterial, com isso, foram selecionados apenas 8 artigos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Santana e colaboradores, 2023, estudaram, do ponto de vista teórico, a interação de nanofios de silício (Si) puros, dopados e funcionalizadas com Boro (B), Alumínio (Al) e Gálio (Ga) com a molécula de anfetamina. Os autores identificaram uma ligação química no caso dos nanofios dopados com B e uma adsorção física da droga nos nanofios puros e dopados com Al ou Ga. O estudo demonstrou efetividade alta como sensor de anfetamina.

Segundo Su, 2022, múltiplos materiais têm sido testados na detecção de diversas drogas ilícitas por meio de detecção eletroquímica, sendo a principal a morfina. Nanofios de dióxido de manganês, óxido de ferro, óxido de alumínio, óxido de níquel, óxido de cádmio, e ligas de cobalto platina e titânio foram utilizados com sucesso nesse tipo de detecção.

A molécula de morfina é naturalmente eletroativa, o que permite uma identificação a partir da liberação de prótons ou elétrons, facilitando o uso de biosensores eletroquímicos. Com isso, pesquisadores utilizaram nanofios sintetizados com ligas de platina e cobalto, demonstrando uma sensibilidade de detecção entre 0,05 e 500 µm (Tao et al., 2010).

Li e colaboradores, 2017, utilizaram nanofios de prata, com nanopartículas de ouro na ponta. Esse formato foi demonstrado como uma sonda ótica, criando um

nanocanal que prende as moléculas, gerando uma detecção bastante sensível de até 10 nanomolares de drogas.

Zhang e Johnson, em 2009, desenvolveram um *quantum dot*, de material o qual não foi divulgado, funcionalizado com diversos oligonucleotídeos e um aptâmero específico para interação com cocaína. A interação ocorria por meio do método FRET (*Fluorescence Resonance Energy Transfer*) e demonstrou-se bastante precisa, conseguindo identificar até mesmo uma única molécula na corrente sanguínea.

Kawano e colaboradores, 2011, estudaram a construção de um chip, onde foram adicionados nanoporos com a presença de aptâmeros, funcionalizados para a cocaína. Os chips foram testados em soluções da droga com concentrações variadas e demonstraram uma efetividade de identificação entre 300 ng/ml e 30 µg/ml, com os tempos de identificação variando entre 60 s e 5 s respectivamente.

Mao e colaboradores, em 2017, construíram uma estrutura core-shell de nanopartículas de prata-ouro para detecção de metanfetamina. As nanopartículas foram metabolizadas com aptâmeros e construídas como “nanosondas”. A partir dos testes, foi possível demonstrar uma faixa de identificação da presença da droga entre 0,5 e 200 nM. O mesmo teste foi aplicado em algumas outras drogas, sem mudança nas nanopartículas, demonstrando ainda uma efetividade, entretanto muito reduzida.

Ensafi, Heydari-Bafrooei e Rezaei, desenvolveram em 2013 nanotubos de carbono com multicamadas com diâmetros entre 7 e 11 nm e comprimentos entre 5 e 9 µm. Estes nanotubos foram funcionalizados com oligonucleotídeos e colocados em interação com partículas de codeína e morfina. Os nanotubos funcionalizados demonstraram um grande coeficiente de ligação, com alta sensibilidade de detecção para ambas as drogas.

4. CONCLUSÃO

A partir da pesquisa bibliográfica foi possível notar uma baixa quantidade de pesquisas no campo da identificação de drogas no corpo humano. Apesar disso, a maior parte dos trabalhos publicados demonstram resultados bastante importantes dentro do tema, sendo todos bastante recentes. Com isso é notável que este campo

é algo crescente e com bastante potencial, por ter utilizações práticas e de custos não tão elevados para o melhoramento de um sistema que já é utilizado pelo sistema de segurança há muito tempo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pelo financiamento do trabalho e à Universidade Franciscana pela utilização dos recursos físicos do local.

REFERÊNCIAS

AJAYAN, P. M.; TOUR, J. M. Nanotube composites. **Nature**, v. 447, p. 1066-1068, 2007.

DEGENHARDT, L.; HALL, W. Extent of illicit drug use and dependence, and their contribution to the global burden of disease. **The Lancet**, v. 379, p. 55-70, 2012.

DELGADO-LOBETE, L. et al. Individual and environmental factors associated with tobacco smoking, alcohol abuse and illegal drug consumption in university students: a mediating analysis. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, p. 3019, 2020.

ENSAFI, A. A.; HEYDARI-BAFROOEI, E.; REZAEI, B. Different interaction of codeine and morphine with DNA: a concept for simultaneous determination. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 41, p. 627-633, 2013.

GEIM, A. K. Graphene: status and prospects. **Science**, v. 324, p. 1530-1534, 2009.

HOCHELLA JR, M. F. Nanoscience and technology: the next revolution in the Earth sciences. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 203, p. 593-605, 2002.

HSU, C-Y. et al. Nanowires properties and applications: a review study. **South African Journal of Chemical Engineering**, v. 46, p. 286-311, 2023.

IGNASZEWSKI, M. J. The epidemiology of drug abuse. **The Journal of Clinical Pharmacology**, v. 61, p. S10-S17, 2021.

KAWANO, R. et al. Rapid detection of a cocaine-binding aptamer using biological nanopores on a chip. **Journal of the American Chemical Society**, v. 133, n. 22, p. 8474-8477, 2011.

LAW, M.; GOLDBERGER, J.; YANG, P. Semiconductor nanowires and nanotubes. **Annu. Rev. Mater. Res.**, v. 34, p. 83-122, 2004.

LI, P. et al. A capillary force-induced Au nanoparticle–Ag nanowire single hot spot platform for SERS analysis. **Journal of Materials Chemistry C**, v. 5, p. 3229-3237, 2017.

LU, W.; LIEBER, C. M. Semiconductor nanowires. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 39, p. R387, 2006.

MAO, K. et al. A novel colorimetric biosensor based on non-aggregated Au@ Ag core–shell nanoparticles for methamphetamine and cocaine detection. **Talanta**, v. 175, p. 338-346, 2017.

MCINTYRE, P. C.; I MORRAL, A. Fontcuberta. Semiconductor nanowires: to grow or not to grow?. **Materials Today Nano**, v. 9, p. 100058, 2020.

RATHINAVEL, S.; PRIYADHARSHINI, K.; PANDA, D. A review on carbon nanotube: An overview of synthesis, properties, functionalization, characterization, and the application. **Materials Science and Engineering: B**, v. 268, p. 115095, 2021.

SANTANA, J. E. et al. Highly sensitive amphetamine drug detection based on silicon nanowires: Theoretical investigation. **Surfaces and Interfaces**, v. 36, p. 102584, 2023.

SU, L. Overview on the sensors for direct electrochemical detection of illicit drugs in sports. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 17, p. 221260, 2022.

TAO, M. et al. Amperometric morphine detection using Pt-Co alloy nanowire array-modified electrode. **Bulletin of the Korean Chemical Society**, v. 31, 2010.

TERRY-MCELRATH, Y. M.; O'MALLEY, P. M.; JOHNSTON, L. D. Middle and high school drug testing and student illicit drug use: A national study 1998–2011. **Journal of Adolescent Health**, v. 52, p. 707-715, 2013.

URADE, A. R.; LAHIRI, I.; SURESH, K. S. Graphene properties, synthesis and applications: a review. **Jom**, v. 75, p. 614-630, 2023.

WANG, Z. et al. Nanowire-based sensors for biological and medical applications. **IEEE transactions on nanobioscience**, v. 15, n. 3, p. 186-199, 2016.

ZHANG, C-Y; JOHNSON, Lawrence W. Single quantum-dot-based aptameric nanosensor for cocaine. **Analytical chemistry**, v. 81, n. 8, p. 3051-3055, 2009.

ZOU, Y. et al. Ultraviolet detectors based on wide bandgap semiconductor nanowire: A review. **Sensors**, v. 18, n. 7, p. 2072, 2018.