

## **DISPOSITIVOS MICROFLUÍDICOS À BASE DE PAPEL PARA QUANTIFICAÇÃO DE ÁCIDO GÁLICO EM BEBIDAS**

**Davi G. de Araújo**

**Lauro A. Pradela Filho, Gilberto J. Silva Junior**

**Thiago R.L.C. Paixão**

Instituto de Química – Universidade de São Paulo

davi21@usp.br

### **Objetivos**

O principal objetivo é desenvolver sistemas microfluídicos baseados em papel, acoplados à amperometria para quantificação do ácido gálico (GA) em amostras de bebidas.

### **Materiais e métodos**

O sistema eletroquímico foi produzido através do método de tratamento fototérmico a laser de CO<sub>2</sub> (MENDES; PRADELA-FILHO; PAIXÃO, 2022). O tratamento a laser produz trilhas de carbono condutoras, gerando arranjos de três eletrodos. O sistema resultante foi testado por voltametria cíclica em condições estáticas com uma solução padrão de 500 μmol L<sup>-1</sup> de ácido gálico. Em seguida, o sistema foi acoplado a um papel de filtro Whatman e uma tampa de PMMA (Figura 1), gerando dispositivos microfluídicos baseados em papel (μPADs). Para garantir uma montagem confiável, todo o sistema foi fechado usando grampos de pressão constante. Os μPADs foram operados com amperometria. Soluções padrão de ácido gálico foram injetadas no μPAD usando uma micropipeta convencional. As condições experimentais dos μPADs foram otimizadas considerando o volume de injeção, o tipo de substrato de papel e o potencial de detecção. Os substratos

incluíram papéis de filtro Whatman 42 (W42), Whatman 40 (W40) e Whatman 41 (W41).

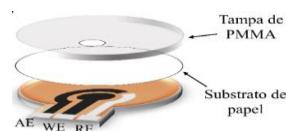


Figura 1: μPAD com detecção eletroquímica. AE = eletrodo auxiliar; WE = eletrodo de trabalho; RE = eletrodo de referência

### **Resultados**

O sistema de três eletrodos foi inicialmente caracterizado por voltametria cíclica, fornecendo um pico voltamétrico bem definido para a oxidação do GA em condições estáticas. Em seguida, o pH da solução e o eletrólito de suporte foram otimizados, e o tampão de acetato com pH 4,5 apresentou melhores respostas analíticas devido ao pKa (~4,4) do GA. Após a caracterização eletroquímica, o sistema de três eletrodos foi acoplado a um papel de filtro W41, resultando em μPADs. A injeção de soluções de GA nos μPADs gerou um sinal em formato de pico. Além disso, o sistema resultante permitiu injeções múltiplas/sequenciais. As condições operacionais dos μPADs foram otimizadas. O aumento do volume de injeção de 1 para 6 μL proporcionou picos mais

consistentes. No entanto, 4  $\mu\text{L}$  foram selecionados para estudos subsequentes, pois esse volume oferece repetibilidade sem comprometer o número de injeções. As respostas amperométricas também foram afetadas pela mudança do substrato de papel. O substrato W41 oferece sinais maiores, provavelmente devido ao seu maior tamanho de poro (2,5  $\mu\text{m}$  para W42, 8  $\mu\text{m}$  para W40 e 20  $\mu\text{m}$  para W41), resultando em melhor transporte de massa do analito para a superfície do eletrodo durante a injeção. O aumento do potencial aplicado de 0,2 para 1 V melhorou a resposta amperométrica, com +0,6 V proporcionando melhor intensidade de sinal e repetibilidade. Em condições otimizadas, foram realizadas 10 injeções consecutivas no mesmo dispositivo, demonstrando repetibilidade ( $\text{RSD} = 5,5\%$  para  $I_p$ ,  $n = 14$ ). Em seguida, a reproduzibilidade foi avaliada comparando os sinais analíticos de três  $\mu\text{PADs}$  diferentes. Este estudo forneceu um  $\text{RSD}$  para valores de  $I_p$  de apenas 8% ( $n = 3$ ), demonstrando reproduzibilidade. Posteriormente, soluções de GA com diferentes concentrações (Figura 1A) foram injetadas no  $\mu\text{PAD}$ . Foi observada variações de sinal para injeções da solução em branco, com os valores correspondentes subtraídos para traçar a curva de calibração (Figura 1B). De acordo com a equação  $I_p (\mu\text{A}) = 0,0604C (\mu\text{mol L}^{-1}) - 0,21037$ ,  $R^2 = 0,996$ , o sistema resultante forneceu uma faixa linear de 50 a 1000  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . Portanto, esses resultados mostram que os  $\mu\text{PADs}$  resultantes são candidatos promissores para a quantificação de GA.

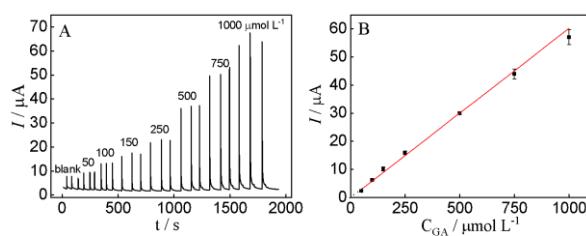


Figura 1: A) Respostas amperométricas dos  $\mu\text{PADs}$  para diferentes concentrações de GA. B) Curva de calibração.

## Conclusões

Os  $\mu\text{PADs}$  são dispositivos analíticos descartáveis projetados para a quantificação rápida de GA. O sistema resultante requer apenas alguns microlitros de amostra para análise. Eles mostraram também repetibilidade de injeção e reproduzibilidade de fabricação consistentes. Além disso, os sistemas dependem de fluxo passivo, dispensando unidades de bomba externas para transportar fluidos. Essas características destacam o potencial dos  $\mu\text{PADs}$  como ferramentas analíticas econômicas. Portanto, a próxima etapa se concentrará na avaliação de seu desempenho analítico usando amostras reais, como chá e vinho.

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Davi realizou a coleta e análise de dados. Lauro, Gilberto e Thiago conceberam o estudo e contribuíram para a redação e revisão final do resumo. Todos os autores aprovaram a versão final do resumo.

## Agradecimentos

FAPESP (2021/00205-8), CAPES, CNPq, and the Institute of Chemistry at USP.

## Referências

MENDES, L. F.; PRADELA-FILHO, L. A.; PAIXÃO, T. R. L. C. Polyimide adhesive tapes as a versatile and disposable substrate to produce  $\text{CO}_2$  laser-induced carbon sensors for batch and microfluidic analysis. **Microchemical Journal**, v. 182, n. August, p. 107893, nov. 2022.