

## SENSORES ELETROQUÍMICOS SUSTENTÁVEIS PARA O MONITORAMENTO DE RUTINA EM VINHO

**Pedro S. Garcia; Paulo A. R. Pereira, Nathalia O. Gomes; Sergio A. S. Machado**

Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo

pedro.santana03@usp.br

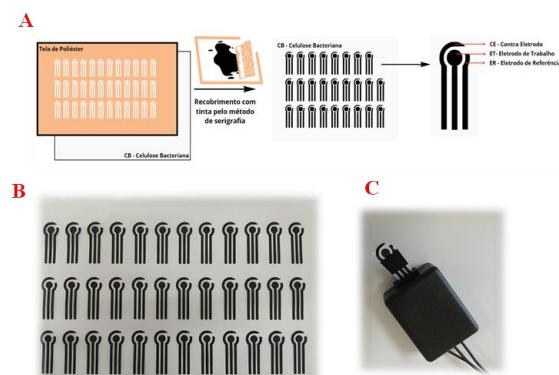
### Objetivos

O objetivo deste trabalho foi produzir um sensor eletroquímico descartável e sustentável para auxiliar no controle de qualidade do vinho.<sup>1,2</sup> Para tanto, os sensores foram impressos na superfície da celulose bacteriana utilizando a técnica de serigrafia.<sup>3</sup> A atividade antioxidante do vinho foi determinada a partir da detecção da rutina, um importante antioxidante e vitamina presente em vinho.

### Métodos e Procedimentos

Para fabricar o eletrodo, foi utilizada a técnica de serigrafia na qual foi feita a transferência de uma tinta condutora de carbono para o substrato de celulose bacteriana (CB), representado pela Figura 1. Preliminarmente, os eletrodos foram submetidos a uma etapa de pré-tratamento eletroquímico para remoção de compostos não condutores e promover uma melhora no desempenho analítico do sensor. O pré tratamento eletroquímico, foi efetuado utilizando a técnica de voltametria cíclica (CV), em presença de 150 µL de ácido sulfúrico 0,5 mol L<sup>-1</sup>, a partir dos seguintes parâmetros: intervalo de potencial entre -2,5 e 2,5 V, com velocidade de varredura de 100 mV s<sup>-1</sup> (dois ciclos). A detecção eletroquímica da rutina, foi efetuada utilizando a técnica de voltametria de pulso diferencial (DPV) em um intervalo de potencial entre -0,2V a 0,2V com velocidade de varredura de 5 mV s<sup>-1</sup> utilizando tampão fosfato pH=7 como eletrólito de suporte.

Figura 1 - Processo de fabricação dos eletrodos impressos em A. Dispositivo produzido com o eletrodo de trabalho (ET), contra eletrodo (EA) e eletrodo de referência (ER) na Figura B. Sistema eletroquímico utilizado para fazer as medidas em C



Fonte: Autoria própria

### Resultados

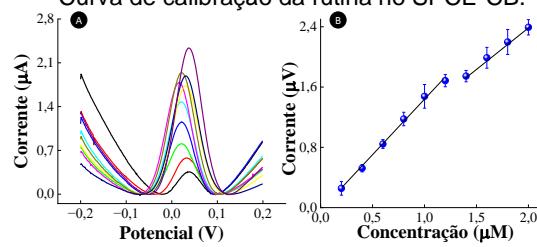
A Figura 2A apresenta os voltamogramas de pulso diferencial (DPV) obtidos em presença de soluções padrões de rutina em um intervalo de concentração entre 0,2 a 2,0 µM variando-se a cada 0,2 µM para o eletrodo fabricado na superfície da CB (SPCE-CB). Enquanto o gráfico que relaciona a corrente de oxidação (µA) com a concentração de rutina, pode ser observado Figura 2B. Os gráficos de DPV mostram que a rutina eletro oxida em um potencial de 0,025V (vs Ag/AgCl). Por meio da curva de calibração, pode-se observar que houve duas regiões que apresentaram uma dependência linear de sinal em função da concentração de rutina, a primeira entre 0,2 e

1,2  $\mu\text{M}$  e a segunda entre 1,2 e 2,0  $\mu\text{M}$ . Obtendo-se duas equações de reta representadas pela Equação 1 e 2.

$$I (\mu\text{A}) = 0,234 + 1,083 \times C_{\text{rutina}} (\mu\text{mol L}^{-1}) \quad R^2 = 0,9977 \quad \text{Equação 1}$$

$$I (\mu\text{A}) = -0,049 + 1,473 \times C_{\text{rutina}} (\mu\text{mol L}^{-1}) \quad R^2 = 0,9959 \quad \text{Equação 2}$$

Figura 2: (A) Voltamograma de DPV de rutina no intervalo de concentração entre 0,2 e 2,0  $\mu\text{M}$ . (B) Curva de calibração da rutina no SPCE-CB.



Fonte: Autoria própria.

O limite de detecção e quantificação do método foi de  $7,75 \times 10^{-8}$  mol  $\text{L}^{-1}$  e  $2,58 \times 10^{-7}$  mol  $\text{L}^{-1}$ , respectivamente. A seletividade do método proposto foi avaliada em presença de compostos comumente encontrados no vinho, como vitaminas, carboidratos, pesticidas e hormônios. Os valores de porcentagem de interferência no sinal da rutina apresentaram uma ligeira flutuação entre 94 e 102%, com exceção do ácido ascórbico, que apresentou uma alteração significativa de 128%, e isso pode ser atribuído alta concentração de 0,25mM utilizada no teste de interferente. Os resultados, indicam que o eletrodo biodegradável a base de celulose bacteriana é seletivo para grande parte dos interferentes presentes no vinho, exceto o ácido ascórbico.

A precisão do método analítico também foi investigada sendo possível obter um desvio padrão relativo de 9,25% ( $n=5$ ) para os valores de corrente da rutina.

Por fim, foi possível determinar rutina em amostras comerciais de vinho branco e tinto a partir da interpolação dos valores de corrente obtidos na amostra na curva de calibração. Foram encontrados valores de 73  $\mu\text{mol L}^{-1}$  ou 44,53 mg  $\text{L}^{-1}$  de rutina no vinho tinto, e de 26  $\mu\text{mol L}^{-1}$  ou 15,86 mg  $\text{L}^{-1}$  para o vinho branco.

## Conclusões

O estudo sugere que eletrodos miniaturizados, impressos em celulose bacteriana, são uma alternativa viável para a detecção e quantificação de rutina, um antioxidante encontrado no vinho. A análise do método indicou sua confiabilidade na faixa de concentração de 0,2 a 2  $\mu\text{M}$ , com boa precisão, seletividade, sendo possível fazer a determinação de rutina em amostras de vinho branco e tinto. O método proposto é sustentável, simples, fácil de usar e reduz os custos na análise de compostos fenólicos para o controle de qualidade do vinho.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (processos: 2023/08858-6, 2020/09587-8, 2018/22214-6, 2022/02164-0 e 2016/01919-6), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (processos 307070 /2022-0, 164569/2020-0, 151200/2022-0, 423952/2018-8 e 117019/2023-2).

## Referências

- Wang, J., Pedrero, M. & Sakslund, H. Electrochemical activation of screen-printed carbon strips. *Analyst* **121**, 345–350 (1996).
- Filho, O. F. & Capelato, M. D. Biosensores. *Química nova* vol. 15 28–39 Preprint at (1992).
- Production, B. & Yeasts, B. Y. *Quim. Nova*, 31, 2091–2099 (2008).