

## Bioeletroquímica de eletrodos colonizados por Fungos e Bactérias

**Guilherme Henrique Siqueira Ghiraldelli**

**Graziela Cristina Sedenho**

**Prof. Dr. Frank Nelson Cespilho**

Universidade de São Paulo

gh.ghiraldelli@usp.br

### Objetivos

Para gerarem energia para desenvolverem as suas funções vitais, os microrganismos decompõem a matéria orgânica e realizam a transferência de elétrons extracelular, cujo mecanismo varia de acordo com cada espécie[1]. Compreender como funciona esse processo para determinado microrganismo é de extrema importância para o desenvolvimento de biocélulas microbiológicas a combustível e células de eletrólise microbiana de alto desempenho. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é estudar o mecanismo de transferência extracelular de elétrons entre levedura *Saccharomyces cerevisiae* e superfícies eletródicas na presença de diferentes substratos orgânicos.

### Métodos e Procedimentos

A *Saccharomyces cerevisiae* foi obtida da Fleischmann®; D-frutose (99%) e D-glicose anidra (99%) foram obtidas da São Carlos Química; fosfato monossódico (99%), fosfato dissódico (xx%), ácido sulfúrico P.A e permanganato de potássio (99%) foram obtidos da Synth®. A solução tampão de fosfato (0,10 mol L<sup>-1</sup>) com pH 7.2 foi preparada a partir do fosfato monossódico e dissódico. Todas as soluções foram preparadas com água deionizada.

As medidas eletroquímicas foram realizadas em potenciómetro/galvanômetro PGSTAT 204 acoplado a uma cela eletroquímica convencional de três eletrodos. O eletrodo de

trabalho utilizado foi fibras flexíveis de carbono (FFCs), o contra-eletrodo foi uma placa de platina e o eletrodo de referência foi um eletrodo prata/cloreto de prata em solução de cloreto de potássio saturada (Ag/AgCl/KCl<sub>sat</sub>). As FFCs passaram por um tratamento de oxidação química com uma solução de ácido sulfúrico 1,0 mol L<sup>-1</sup> e permanganato de potássio 0,25 mol L<sup>-1</sup> em banho de ultrassom por 3 h, baseado em experiências prévias do grupo [4].

Voltametrias cíclicas foram realizadas após diferentes tempos de incubação do eletrodo na presença da levedura (0,05 g mL<sup>-1</sup>) e 1,0 mol L<sup>-1</sup> substrato (branco, 0, 1, 2, 5 e 24 h de incubação) entre os potenciais de -0,40 V e 0,40 V, a 5 mV s<sup>-1</sup>, 40 °C e atmosfera de N<sub>2</sub>. Todos os experimentos foram realizados em triplicata. As correntes (*I*) obtidas foram convertidas em densidade de corrente (*j*) através da equação:

$$j = \frac{I}{\text{Área geométrica do eletrodo de trabalho}}$$

### Resultados

A Figura 1 mostra os voltamogramas cílicos utilizando-se glicose como substrato, na ausência (controle) e presença da levedura após diferentes períodos de fermentação. É possível observar a presença de um processo redox ao longo do tempo de incubação, o qual não é observado no voltamograma na ausência de levedura (branco). Um processo de redução

e um processo de oxidação com potenciais de pico ( $E_{pc}$  e  $E_{pa}$ , respectivamente) iguais a -0,27 e 0,21 V são observados ao longo de 24 h de fermentação. Observa-se também que, com o tempo de fermentação o processo redox se torna mais definido e atinge-se a densidade de corrente de pico de oxidação de  $0,378 \text{ mA cm}^{-2}$  em 1 h.

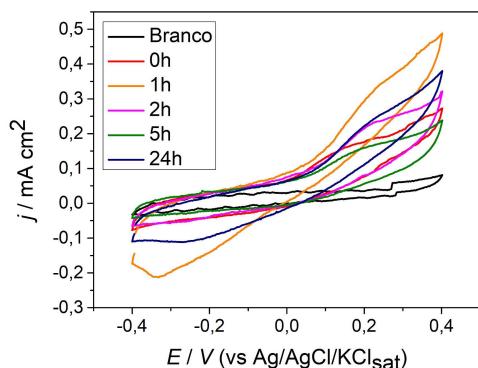


Figura 1: Voltamogramas cílicos a  $5 \text{ mV s}^{-1}$  e  $40^\circ\text{C}$  do eletrodo de FCF em solução desaerada de tampão fosfato (pH 7.2), inicialmente contendo  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  de glicose, sem levedura (branco), logo após adição de levedura ( $t = 0$ ), e após 1, 2, 5 e 24 h.

Na Figura 2 tem-se os voltamogramas cílicos utilizando-se frutose como substrato, na ausência (branco) e presença da levedura após diferentes períodos de fermentação.

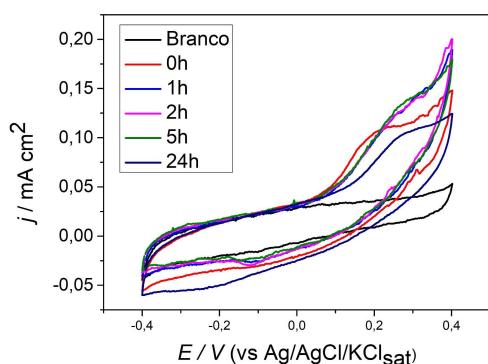


Figura 2: Voltamogramas cílicos a  $5 \text{ mV s}^{-1}$  e  $40^\circ\text{C}$  do eletrodo de FCF em solução desaerada de tampão fosfato (pH 7.2), inicialmente contendo  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  de frutose, sem levedura (branco), logo após adição de levedura ( $t = 0$ ), e após 1, 2, 5 e 24 h.

## Conclusões

Os diferentes perfis voltamétricos obtidos na presença de glicose e frutose como substrato para a *Saccharomyces cerevisiae* indicam que a transferência extracelular de elétrons desse microrganismo é afetada significativamente pelo substrato utilizado. Pode-se observar que em meio a glicose, os valores de corrente são superiores do que em meio a frutose, o que pode indicar, entre outros fatores, que a *Saccharomyces cerevisiae* é melhor adaptada para utilizar a glicose como substrato para obtenção de energia através da transferência de elétrons extracelular. Além disso, na presença de glicose observa-se um processo de oxidação e um de redução, enquanto que na presença de frutose, somente um processo de oxidação é observado. Isso pode indicar que o mecanismo e/ou o composto envolvido na transferência extracelular de elétrons da *Saccharomyces cerevisiae* é afetado pelo substrato.

## Referências Bibliográficas

1. M. E. Hernandez and D. K. Newman, "Extracellular electron transfer," *Cell. Mol. Life Sci.*, vol. 58, no. 8, pp. 1001–1002, 2001.
2. K. C. Pagnoncelli, et al, "Ethanol generation, oxidation and energy production in a cooperative bioelectrochemical system," *Bioelectrochemistry*, vol. 122, pp. 11–25, 2018.
3. G. C. Sedenho, I. Modenez, G. R. Mendes, F. N. Crespilho, "The role of extracellular polymeric substance matrix on *Saccharomyces cerevisiae* bioelectricity" *Electrochimica Acta*, Volume 393, 2021.
4. M. V. A. Martins, A. R. Pereira, R. A. S. Luz, R. M. Iost, and F. N. Crespilho, "Evidence of short-range electron transfer of a redox enzyme on graphene oxide electrodes," *Phys. Chem. Chem. Phys.*, vol. 16, no. 33, pp. 17426–17436, 2014.