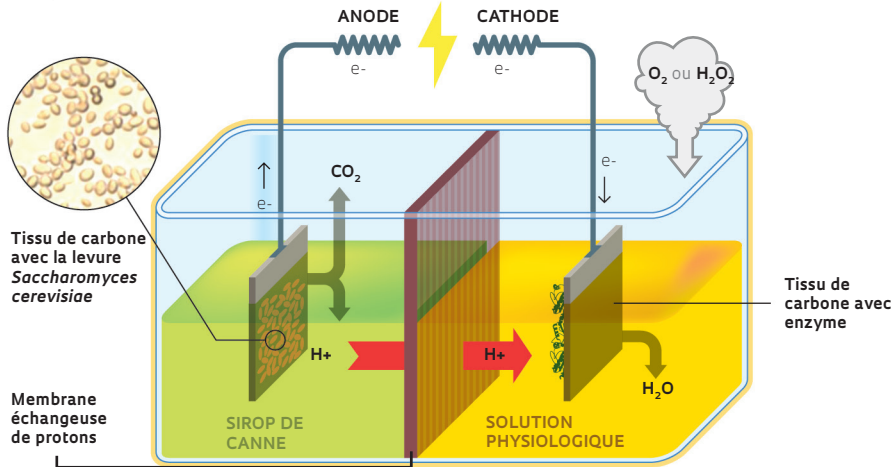


Bio-batterie avec membrane

Électrodes avec des microorganismes et des enzymes plongées dans un sirop de canne à sucre et une solution



du voltage d'une pile de type AAA de 1,5 V. « Le voltage peut être augmenté grâce à plusieurs batteries fonctionnant en série », affirme le professeur Frank Crespilho, coordonnateur de l'étude. C'est la formule trouvée par Sony dans son prototype qui a produit 1,5 milliwatt par cm^2 et 0,8 V au total. L'expérience de l'entreprise a reçu le soutien scientifique du professeur Kenji Kano de l'Université de Kyoto, au Japon.

La course technologique actuelle vise justement à augmenter la puissance et la durée de fonctionnement de ces équipements qui atteignent déjà plus de 10 heures. D'autres aspects des études concernent la création d'énergie à partir des eaux d'égout, en retirant les électrons de la matière organique, et également la miniaturisation qui permettra d'implanter ces batteries dans le propre organisme humain. Dans ce cas là, le combustible sera le propre glucose du sang et non plus le sirop de canne. « L'un des enjeux actuels dans le domaine des bio-batteries à combustible est de les orienter vers les microprocesseurs et de créer une micro-bio-batterie ou une nano-bio-batterie implantable pour fonctionner comme une batterie de stimulateur cardiaque, pour libérer des médicaments dans l'organisme ou pour détecter les niveaux de glucose », déclare le professeur Frank Crespilho qui, à 32 ans, est également chef de la Division de la Propriété Intellectuelle du Noyau d'Innovation Technologique de l'UFABC. Frank Crespilho et son équipe ont développé un logiciel qui mesure les courants très faibles des bio-batteries et ont acheté, grâce à un financement de la FAPESP, un équipement pour éliminer les bruits émis

par les câbles des appareils électroniques et pour traiter les signaux de l'environnement.

HAUTE EFFICACITÉ

Les bio-batteries fonctionnent comme une batterie normale en convertissant l'énergie chimique en électricité de la même manière que les cellules à combustible qui produisent de l'électricité et dont l'hydrogène est le principal combustible (équipements déjà fabriqués sur commande par certaines entreprises, y compris au Brésil). Il s'agit d'équipements qui normalement fournissent plus de cinq kilowatts de puissance, ce qui est suffisant pour fournir en électricité une maison confortable pour quatre personnes. À l'exemple de leurs

aînées, les bio-batteries à combustible, qui en sont encore au niveau de la recherche scientifique et technologique, sont un gage de production d'énergie électrique alternative car elles possèdent une haute efficacité énergétique en n'utilisant que peu de combustible durant la conversion d'énergie par rapport aux moteurs à essence ou diesel, par exemple. Tout ceci de manière silencieuse et sans émettre de grandes quantités de gaz ou de déchets polluants.

L'avantage perceptible de ces petits appareils est leur côté biologique, présent dans les catalyseurs, d'origine organique, produit avec des enzymes ou des microorganismes. Ces derniers promeuvent la réaction chimique nécessaire à la production d'électricité au lieu d'utiliser, par exemple, du platine qui est très onéreux, comme dans les cellules à combustibles. L'équipe coordonnée par Franck Crespilho est donc parvenue à mettre au point une enzyme synthétisée sous la forme d'un composite formé de nanostructures d'oxy-hydroxides de fer et d'un polymère organique appelé *poly-diallyl-diméthyl-ammonium* (PDAC), qui sont appliqués sur une cathode, l'un des pôles d'un système électrolytique, comme une batterie qui produit ou laisse passer le flux d'électrons extrait dans ce cas là des sucres du sirop de canne, sur le côté anode (voir illustration). L'utilisation de polyamide dans la structure de la molécule est un avantage supplémentaire découvert par le groupe car il s'agit d'un produit bon marché qui a été choisi pratiquement par hasard lors d'une visite dans une fabrique de plastiques à Santo André.

LES PROJETS

1 Interaction entre des bio-batteries et des systèmes cellulaires avec des nanostructures 0D, 1D, 2D utilisant des méthodes électrochimiques
n° 2009/ 15558-1

2 Mise au point d'une bio-batterie à combustible utilisant des enzymes d'alcool déshydrogénase stabilisées par auto-montage
n° 2008/ 05124-1

MODALITÉ

1 et 2 Soutien régulier au projet de Recherche

COORDONNATEURS

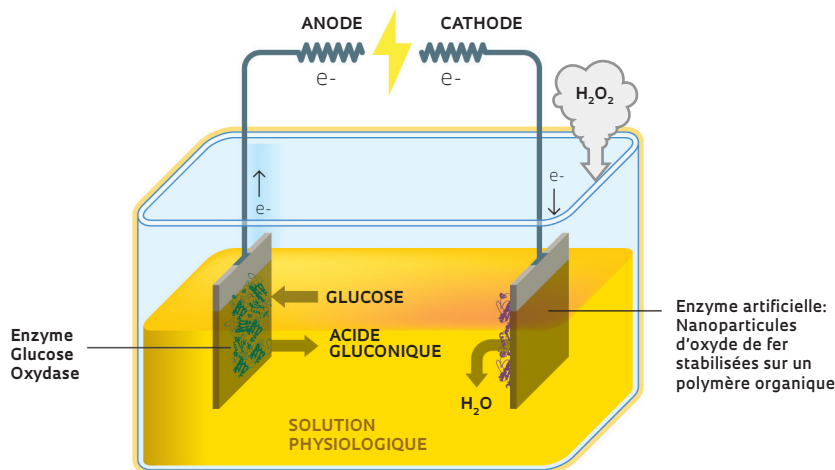
1 Frank Nelson Crespilho – UFABC
2 Adalgisa Rodrigues de Andrade – USP

INVESTISSEMENT

1 92 262,80 réaux et 50 821,57 US\$ (FAPESP)
2 73 622,30 réaux et 29 031,76 US\$ (FAPESP)

Sans membrane

Une solution avec des électrodes et des enzymes produit de l'électricité



Pour comprendre cette étude bio-électrochimique, qui, avec l'adoption de composés nanotechnologique s'appelle désormais étude nano bio électrochimique, il faut rappeler que les cellules à combustible (et même les organiques) ont besoin d'éléments oxydants et réducteurs pour perdre et gagner des électrons. Une membrane polymérique appelée membrane d'échange de protons est installée dans les cellules et prise en sandwich entre les côtés anode et cathode de la bio-batterie. Comme le courant est continu, le flux d'électrons passe de l'autre côté et est reçu par l'autre pôle. Les atomes sans électrons, les protons, passent uniquement sur la membrane. Franck Crespilho étudie également des bio-batteries sans membranes entre les deux pôles.

« Nous en avons produit une de ce type dans laquelle les électrodes sont plongées dans une solution de glucose, d'eau et de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), plus connu sous le nom d'eau oxygénée, plus deux types d'enzyme, un glucose oxydase et notre enzyme possédant des nanoparticules d'oxyde de fer. « La bio-batterie s'est montrée efficace avec une vitesse de réaction électrochimique plus élevée que d'autres bio-batteries décrites dans des publications », déclare Franck Crespilho.

« L'enzyme synthétique que nous avons mis au point imite un mécanisme naturel d'enzymes de la classe des peroxydases. Ainsi, alors que les électrons sont extraits des sucres pour l'anode, d'autres électrons sont injectés sur la cathode et l'enzyme accélère la rupture des molécules de peroxyde d'hydrogène. » D'après les cher-

cheurs, l'enzyme biomimétique est moins chère, plus stable et plus efficace que les naturelles. Le travail développé par le doctorant Marcus Victor Martins consiste à envelopper l'oxyde de fer avec une couche du polymère organique synthétisée sous la forme d'aiguilles. L'enzyme stabilisée sur une électrode contenant des fibres de tissu de carbone est plongée dans un milieu salin avec le sirop de canne et d'autres additifs qui composent l'environnement naturel de l'enzyme. La principale difficulté est de la maintenir stable durant plus de 10 heures. Si l'enzyme se dégrade, le courant chute », déclare Franck Crespilho, qui est à la tête du groupe depuis trois ans dans l'Université inaugurée il y a cinq ans.

SANS PERTURBER

Les expériences menées par le groupe de Franck Crespilho ont également trouvé une autre application possible dans le monde des bio-batteries grâce à l'utilisation de microorganismes comme la levure *Saccharomyces cerevisiae*, la même qui agit dans la fermentation de l'éthanol, du pain et de la bière. « Ils digèrent le sucre », observe Franck Crespilho. « La principale difficulté est d'extraire des électrons sans perturber ou tuer la levure *Saccharomyces* ». Grâce à une série de stratagèmes chimiques, les chercheurs sont parvenus à maintenir l'organisme et à produire de l'électricité stabilisant celui-ci sur une électrode de carbone. Selon la littérature scientifique, plus de 20 microorganismes, principalement des bactéries, ont été utilisés avec succès dans des expériences sur des bio-batteries.

L'utilisation d'électrodes avec des mi-

croorganismes n'appartient pas au domaine d'étude du professeur Adalgisa de Andrade, de l'USP de Ribeirão Preto, qui a écrit un article dans lequel elle résume les activités liées aux bio-batteries enzymatiques dans le monde en 2010. Elle a mis au point des bio-batteries qui utilisent l'éthanol comme combustible. Elles sont composées d'enzymes qui cassent cet alcool comme les *déshydrogénases* trouvées également dans le foie et qui servent à la digestion des boissons alcooliques. Le résultat le plus récent du groupe qu'elle dirige est la mise au point d'anodes avec des nanostructures stabilisées, contenant des polymères organiques et des *déshydrogénases* plus stables et qui fonctionnent jusqu'à 90 jours.

« Nous avons mélangé des enzymes et des polymères et nous les avons placés sur la surface du carbone préparée pour recevoir des électrons, orientant également ces couches pour que l'électrode devienne plus stable et qu'elle acquière une plus grande puissance », déclare le professeur Adalgisa de Andrade, qui a reçu le soutien de la post-doctorante Juliane Forti dans ses travaux. Grâce à ces nouveaux arrangements, son groupe est parvenu à faire fonctionner une bio-batterie avec de l'éthanol d'une puissance de 0,28 milliwatts par cm². Le professeur Adalgisa de Andrade et Frank Crespilho font partie d'un groupe spécial de chercheurs héritier des études menées sur le développement des bio-batteries par le professeur Michael Potter, de l'Université de Durham au Royaume-Uni, qui a découvert que des bactéries *Escherichia coli* pouvaient produire de l'électricité dans un substrat organique, en 1912. La première bio-batterie n'utilisant que des enzymes n'a été présentée que 50 ans plus tard, en 1964, par un groupe de chercheurs étasuniens de l'entreprise Space-General Corporation, en Californie. Un long chemin a été déjà parcouru et il pourra déboucher dans quelques années sur une nouvelle alternative énergétique. ■

Articles scientifiques

1. MARTINS, M.V.A.; BONFIM, C.; SILVA, W.C.; CRESPILO, F.N. Iron (III) nanocomposites for enzyme-less biomimetic cathode: A promising material for use in biofuel cells. **Electrochemistry Communications**. v.12, n.11, p. 1.509-12. 2010.
2. AQUINO NETO, S.; FORTI, J.C.; ZUCOLOTTI, V.; CIANCAGLINI, P.; DE ANDRADE, A. R. Development of nanostructured bioanodes containing dendrimers and dehydrogenases enzymes for application in ethanol biofuel cells. **Biosensors and Bioelectronics**. v. 26, p. 2.922-26. 2011.