

# DETECÇÃO DE COBRE EMPREGANDO MÉTODOS VOLTAMÉTRICOS E ELETRODO DE BAIXO CUSTO

*Copper Detection Employing Voltammetric Methods and Low Cost Electrode*

*Detección de Cobre Empleando Métodos Voltamétricos y el Electrodo de Bajo Costo*



Revista  
**Desafios**

Artigo Original  
Original Article  
Artículo Original

Alexsandro Silvestre da Rocha<sup>\*1</sup>, Marcelo Wanderley de Almeida Santos<sup>2</sup>,  
Denisia Brito Soares<sup>3</sup>, Eduardo Libanio Reis Santos<sup>4</sup>, Sandro Estevan Moron<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Professor do Curso de Licenciatura em Física, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Tocantins, Brasil.

<sup>2</sup>Graduado em Física, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Tocantins, Brasil.

<sup>3</sup>Técnica no Laboratório de Pesquisa em Materiais para Aplicações em Dispositivos Eletrônicos, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Tocantins, Brasil.

<sup>4</sup>Pesquisador Voluntário no Laboratório de Pesquisa em Materiais para Aplicações em Dispositivos Eletrônicos, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Tocantins, Brasil.

<sup>5</sup>Professor do Curso de Graduação em Biologia, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Tocantins, Brasil.

\*Correspondência: Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Araguaína - TO. Rua Axixa, Cimba, Araguaína, Tocantins, Brasil. CEP: 77800000. e-mai:l [alexandro@uft.edu.br](mailto:alexandro@uft.edu.br)

Artigo recebido em 24/08/2018 aprovado em 21/09/2018 publicado em 31/10/2018.

## RESUMO

Este trabalho foi premiado no 13º Seminário de Iniciação Científica da UFT, e objetiva monitorar água e tecidos de peixe utilizando um eletrodo de baixo custo (usando pilha descartada) e técnicas voltamétricas para detecção de cobre. As análises foram desenvolvidas no LABMADE (Laboratório de pesquisa em Materiais para Aplicações em Dispositivos Eletrônicos) localizado na Universidade Federal do Tocantins/Araguaína, por meio de um Potenciostato/Galvanostato. A presença de altos índices de metais na água não significa necessariamente que haverá danos aos organismos vivos, mas certamente indicam um estado de contaminação latente poderá levar a toxicidade. Nesse contexto, torna-se necessário monitorar os parâmetros de qualidade aquática e dos seres que o habitam.

**Palavras-chave:** Voltametria; Tecido; Eletrodo.

## ABSTRACT

*This work was awarded at the 13th Scientific Initiation Seminar of UFT, and aims to monitor water and fish tissues using a low cost electrode (using discarded cell) and voltammetric copper detection techniques. The analyzes were developed in LABMADE (Research Laboratory in Materials for Applications in Electronic Devices) located at the Federal University of Tocantins / Araguaína, by means of a Potentiostat / Galvanostat. The presence of high metal indices in the water does not necessarily mean that there will be damage to living organisms, but certainly indicate a latent contamination state may lead to toxicity. In this context, it is necessary to monitor the parameters of aquatic quality and of the beings that inhabit it.*

**Keywords:** Voltametria; Fabric; Electrode.

## RESUMEN

*Este trabajo fue premiado en el 13 ° Seminario de Iniciación Científica de la UFT, y objetiva monitorear agua y tejidos de pescado utilizando un electrodo de bajo costo (usando pila descartada) y técnicas voltamétricas para detección de cobre. Los análisis fueron desarrollados en el LABMADE (Laboratorio de investigación en Materiales para Aplicaciones en Dispositivos Electrónicos) ubicado en la Universidad Federal de Tocantins /*

*Araguaína, por medio de un potenciostato / Galvanostato. La presencia de altos índices de metales en el agua no significa necesariamente que habrá daños a los organismos vivos, pero ciertamente indican un estado de contaminación latente puede llevar la toxicidad. En este contexto, es necesario monitorear los parámetros de calidad acuática y de los seres que lo habitan.*

**Descriptor:** Voltametría; Tela; Electrodo.

---

## INTRODUÇÃO

A sobrevivência da espécie humana e a biodiversidade dos organismos estão diretamente relacionadas com a quantidade e qualidade aquática do planeta. A disponibilidade deste recurso, juntamente com sua natureza, é fundamental para a economia, água sem contaminantes é fundamental para manter a sustentabilidade e a saúde humana (TUNDISI, 2003). Recentemente a preocupação com a disponibilidade e qualidade da água decorre do fato de que, por mais abundante que pareça este recurso, não é rara sua escassez, tanto pela ocorrência de secas prolongadas, quanto pela alta carga poluidora a que os recursos hídricos são submetidos (TUNDISI, 2003).

O estado do Tocantins possui umas das principais bacias hidrográficas do país formada pelos rios Araguaia (Área da bacia: 358.100 km<sup>2</sup>) e Tocantins (Área da bacia: 102.120,6 km<sup>2</sup>). Nas últimas décadas, esta região vem se transformando numa espécie de celeiro do país, especialmente no cultivo da soja e algodão. Dada a sua importância e para ter um desenvolvimento sócio-econômico sem prejudicar o ecossistema aquático, é necessário que haja um monitoramento dos rios dessa bacia para garantir qualidade de vida para todos os organismos (fauna e flora).

Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água (CHERNICHARO, 1994), impedindo sua utilização para consumo humano, agrícola e industrial (LORA, 2002). A poluição das águas tem como origem fontes, associadas ao tipo do uso e ocupação do solo,

dentre as quais se destacam: efluentes domésticos e industriais; carga difusa urbana e agropastoril; mineração; natural e acidental. As fontes contaminantes estão associadas à deficiência ou ausência de sistema de esgotamento sanitário, a despejo de efluentes domésticos e industriais bem como à implantação inadequada de aterros sanitários e lixões, para disposição de resíduos sólidos, dentre outros (PINHEIRO et al. 2006).

As análises eletroquímicas estão sendo desenvolvidas no LABMADE localizado na Universidade Federal do Tocantins/Campus de Araguaína, utilizando técnicas voltamétricas (da ROCHA, 2006) por meio de um Potenciostato/Galvanostato.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Preparação do Eletrodo de Trabalho: uma particularidade desta proposta está na confecção do eletrodo de trabalho, construído a partir de pilhas descartadas seguindo o método de fabricação de sensores eletroquímicos de baixo custo (BAIO, 2014). Aqui, núcleos de carbono removidos de pilhas 1,5 V descartadas são limpos e envoltos em esmalte expondo a área inferior (área eletroativa). O contato elétrico com o Potenciostato é feito com a ajuda de “conector jacaré” preso diretamente ao carbono e ligado via cabo ao equipamento.

Medidas Voltamétrica: as análises eletroquímicas utilizam técnicas voltamétricas (da ROCHA, 2006) por meio de um Potenciostato/Galvanostato PAR (Princeton Applied Research) modelo Versa Stat 3. O arranjo experimental utilizado no monitoramento de cobre

foi a célula convencional de três eletrodos: o eletrodo de trabalho (Eletrodo preparado), sobre o qual ocorre a reação de interesse, o eletrodo de referência (Calomelano Saturado), relativo ao qual é medido o potencial elétrico, e o contra-eletrodo (Platina).

Contaminação das amostras: tanto as amostras de água e os peixes foram contaminadas com diferentes concentrações de  $\text{CuSO}_4$ , e são descritos com mais detalhes em Resultados e Discussões.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma particularidade desta proposta, esta na confecção do eletrodo de trabalho (Figura 1), que foi construído a partir de pilhas descartadas seguindo o método de fabricação de sensores eletroquímicos de baixo custo (BAIO, 2014), onde núcleos de carbono removidos de pilhas 1,5V são limpos e envoltos em esmalte expondo a área inferior (área eletroativa). O contato elétrico com o Potenciostato é feito com a ajuda de garra tipo “jacaré” preso diretamente ao carbono e ligado via cabo ao equipamento.

**Figura 1:** Eletrodo de trabalho confeccionado a partir de pilhas descartadas.

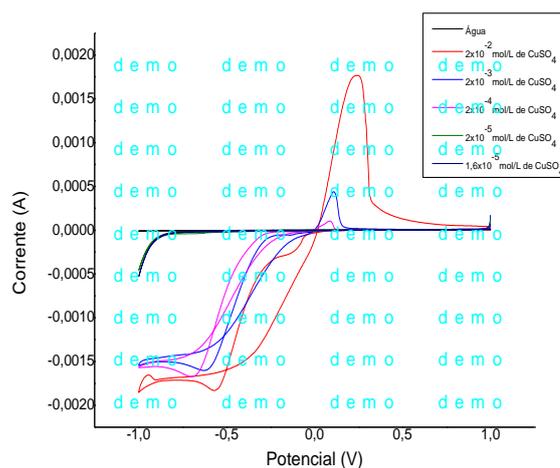


As análises eletroquímicas serão desenvolvidas no LABMADE localizado na Universidade Federal do Tocantins/Campus de Araguaína, utilizando técnicas voltamétricas (da ROCHA, 2006) por meio de um Potenciostato/Galvanostato PAR (Princeton Applied Research) modelo Versa Stat 3. O arranjo

experimental utilizado no monitoramento de cobre foi à célula convencional de três eletrodos: o eletrodo de trabalho, sobre o qual ocorre a reação de interesse, o eletrodo de referência (Calomelano Saturado), relativo ao qual é medido o potencial elétrico, e o contra-eletrodo (Platina).

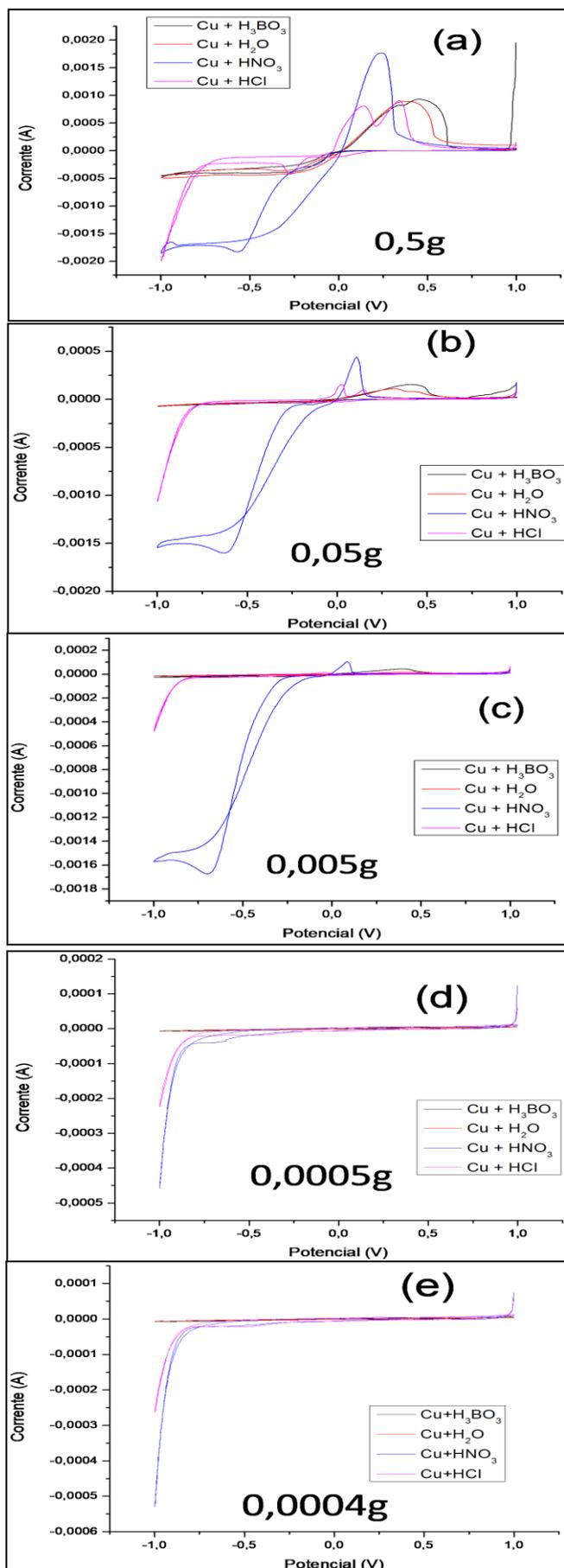
Inicialmente aplicamos o eletrodo confeccionado na detecção de Cobre em água, onde adicionamos gradativamente sulfato de cobre em água filtrada por osmose, e análises voltamétricas entre o potencial de -1V até 1V foram obtidas. A Figura 2 mostra a variação de corrente em função do potencial aplicado para diferentes concentrações de Cobre.

**Figura 2:** Voltametria de várias concentrações de cobre em água filtrada por osmose utilizando eletrodo confeccionado com núcleo de grafite de pilha.



Na Figura 2 pode-se observar que o eletrodo confeccionado nesta pesquisa detectou concentrações de até  $2 \times 10^{-4}$  mol/L de cobre em água com facilidade, inclusive com picos de redissolução (picos de corrente em potenciais positivos). Também houve análises voltamétricas de concentrações de cobre em diferentes soluções “tampão”, contendo Ácido Bórico, Nítrico e Clorídrico. Estes gráficos podem ser vistos na Figura 03, onde comparamos com a análise da água.

**Figura 3:** Curvas voltamétricas de diferentes concentrações de cobre e soluções tampão empregando eletrodo de núcleo de pilha. (a) 0,5g, (b) 0,05g, (c) 0,005g, (d) 0,0005g e (e) 0,0004g de cobre. As soluções foram Água, Ácido Bórico, Ácido Clorídrico e Ácido Nítrico.



Analisando os gráficos da Figura 03 pode-se notar que soluções contendo Ácido Nítrico e Clorídrico possuem curvas destacadas ao Ácido Bórico e água em concentrações mais baixas, com 0,0005g e 0,0004g de Cobre, onde a solução com Ácido Nítrico atinge uma corrente em torno de 0,0005 A e 0,0003 A para o Ácido Clorídrico. Nota-se também “laços de nucleação” em ambas as curvas.

Além da detecção de Cobre em água, foi realizado medidas em tecidos de peixes (músculo, brânquias e fígado). O experimento de contaminação dos animais ocorreu no laboratório de Morfofisiologia e Bioquímica de Peixes Neotropicais da UFT. Foram utilizados peixes juvenis da espécie *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo), obtidos comercialmente, com peso corporal médio de 51,5 g  $\pm$  2g e comprimento médio de 14,2  $\pm$  1,1cm.

Os animais foram aclimatados por 20 dias em aquários com água natural desclorificada com temperatura controlada de 25  $\pm$  1°C, aeração constante e pH 6,40  $\pm$  0,13. Durante este período receberam alimentação até a saciedade aparente em duas porções diárias de ração comercial, sendo esta suspensa 24 horas antes do início do experimento. Consecutivamente, foram transferidos para aquários de 20 L de capacidade, sendo 3 animais por aquário, mantidos em sistema estático de circulação de água e sob aeração constante.

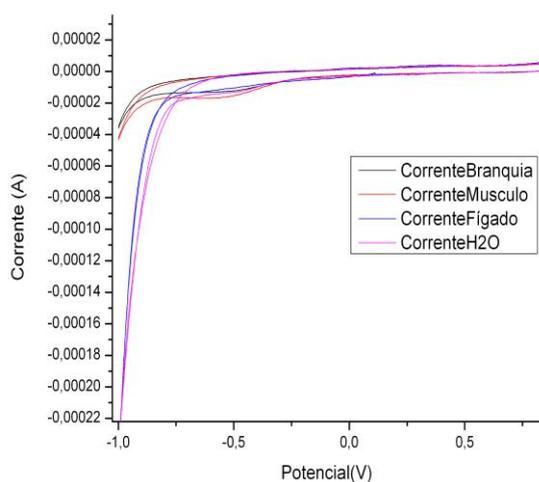
Os animais foram expostos durante 96 h a duas concentrações (0 e 0,001 mol/L) de CuSO<sub>4</sub> em triplicatas. Ao término, os animais foram eutanasiados por secção da medula cervical e coletada uma parcela de músculo de cada peixe, estas foram submetidas ao congelamento.

As amostras do peixe “tilápia”, ao chegarem para o LABMADE, foram colocadas em frascos de plástico para o descongelamento, em seguida os órgãos foram macerados em um gral e pistílo de vidro com adição de 100  $\mu$ L de H<sub>2</sub>O, posteriormente

colocados em eppendorfes. Para as análises voltamétricas eram retirados da geladeira e colocados em becker.

O equivalente a 2,3 g de cada tecido macerado foi adicionados em 100 ml de água com 380  $\mu$ l de Ácido Nítrico e analisado por voltametria, e por redissolução. As curvas voltamétricas estão na Figura 4.

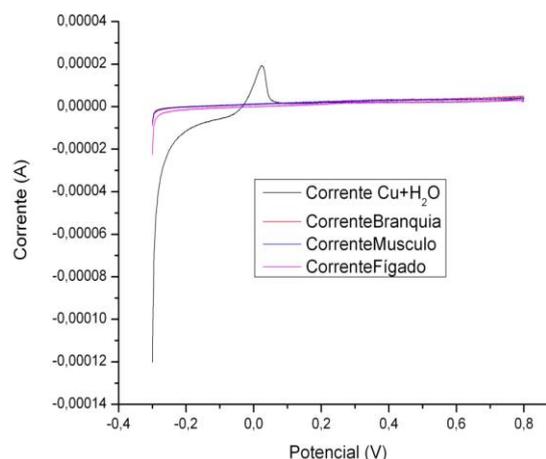
**Figura 4:** Voltametria feita com eletrodo confeccionado com núcleo de grafite de pilha testado para detecção em Músculo, Brânquia e Fígado de peixe com solução ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>).



Os voltamogramas para detecção de cobre em Brânquias, Fígado e Músculo dos peixes são comparados a uma curva da água/cobre (Figura 04). È possível notar que o eletrodo detecta cobre em todos os tecidos (pico negativo de -0,5V), mas não foi possível quantificar o cobre absorvido pelos animais, pois as curvas de redissolução não apresentaram pico de remoção do cobre.

O experimento de redissolução inclui depositar um filme de cobre sobre a superfície do eletrodo de grafite usando a solução com cobre, pela técnica de Cronoamperometria. Depois do filme formado na amostras é submetida a um voltamograma entre os potenciais negativos e positivos. A Figura 05 mostra as redissoluções de cobre.

**Figura 5:** Curvas de redissolução de cobre.



Aqui temos os gráficos de redissolução de cobre em amostras de tecidos (Figura 5), entre tanto não foi possível detectar picos de remoção (em potenciais positivos), e com isto não é possível quantificar as amostras. Isto fica evidente quando comparamos a curva preta (0,0005g de cobre em água) com as demais, nesta é possível identificar um pico de redissolução em potenciais positivos, que não aparece nos dados das amostras com os tecidos. Isto se deve a baixa contaminação dos tecidos, ou seja, está em quantidades muito a baixo do permitido pela legislação.

## CONCLUSÃO

Reutilizar materiais ou reciclar, como é popularmente conhecido, já é amplamente difundido entre a sociedade, mas empregar reciclagem no meio científico não é muito comum. Nosso trabalho empregou núcleos de pilhas usadas para detecção de cobre solubilizado em água e absorvido por peixes. O carbono que forma tais núcleos conseguiu detectar quantidades mínimas de cobre permitidas pela legislação (0,0005g de cobre em água), e também identificou nas voltametrias a presença do poluente nas amostras de peixes, mas não o suficiente para quantificá-las.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos a Universidade Federal do Tocantins pelo apoio durante essa pesquisa.

---

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

---

## REFERÊNCIAS

BAIO, J. A. F.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Construção de Eletrodo de Grafite Retirado de Pilha Comum: Aplicações Didáticas. Química. Nova, Vol. 37, N° 6. p.1078-1084, 2014.

CHERNICHARO, C. A. L. Curso Tratamento anaeróbico de esgotos sanitários. Belo Horizonte: Escola de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 1994.

da ROCHA, A. S.; SARTORELLI, M. L. Magnetotransporte em Sistemas Nanoestruturados de Cu/Co. Tese de Doutorado, Laboratório de Sistemas Nanoestruturados, Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

FELIX, F. S.; MACIEL, J. M.; BRETT, C. M. A.; ANGNES, L. Estudo eletroquímicos de Paraquat utilizando eletrodos de filme de carbono aplicação à análise de águas. Tecno-Lógica, 2006. Vol. 10. N° 2. p. 09-13.

LORA, E. E. S. Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte. 2.ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

PINHEIRO, L.S.; ROSA, M.F, SUCUPIRA, P.A. O contexto ambiental e sócio-econômico do médio e baixo Curso do Rio Acaraú-CE: Implicações para a gestão dos recursos hídricos. In: Pinheiro,D.R. (org). Desenvolvimento Sustentável: Desafios e Discussões. Fortaleza, ABC editora, 2006. p.: 125-146.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRÍGUEZ, S. L. Gerenciamento e Recuperação das Bacias Hidrográficas dos Rios Itaqueri e do Lobo e da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa). IIE, IIEGA, PROAQUA, ELEKTRO, 2003.