

# DETECÇÃO DE COBRE EMPREGANDO MÉTODOS VOLTAMÉTRICOS E ELETRODO DE BAIXO CUSTO – ETAPA 4



Revista  
**Desafios**

Artigo Original  
Original Article  
Artículo Original

*Copper detection using votometric methods and low cost electrode – Step 4*

*Detección de cobre utilizando métodos de voltaje y electrodo de bajo costo - Paso 4*

Eduardo Barros Oliveira<sup>\*1</sup>; Alessandro Silvestre da Rocha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Pesquisa em Materiais para Aplicações de Dispositivos Eletrônicos, Curso de Física, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Brasil.

\* Correspondência: <sup>1</sup>Laboratório de Pesquisa em Materiais para Aplicações de Dispositivos Eletrônicos, Universidade Federal do Tocantins, Av. Paraguai esquina com Rua Uxiramas, sem n°, Araguaína, Tocantins, Brasil. CEP: 77824-838. e-mail [eduardobarrosoliveiral997@gmail.com](mailto:eduardobarrosoliveiral997@gmail.com).

Artigo recebido em 09/06/2021 aprovado em 22/09/2021 publicado em 05/11/2021.

## RESUMO

A água é fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, quando esta possui índices elevados de metais pode acarretar danos à saúde. Atualmente empregam-se várias técnicas para detectar metais em água e a eletroquímica é uma delas. Em virtude disso confeccionaram-se dois eletrodos, um com grafite de lápis e o outro com carbono retirado de uma pilha (1,5V) descartada, que foram usados em análises voltamétricas por meio de um Potenciostato/Galvanostato para detectar Cobre dissolvido em meio aquoso. O objetivo do presente trabalho foi investigar os fenômenos físico-químicos envolvidos nas análises e observar os resultados obtidos por intermédio dos eletrodos de baixo custo neste processo eletroquímico, tais como, a quantificação da corrente elétrica nas diferentes concentrações, observar as alterações nos voltamogramas em função da rugosidade da área eletroativa, comparar as análises do resultado do Sulfato de Cobre com as análises após a adição de Ácido Bórico na solução, verificar se haverá diferença na área e curvas dos voltamogramas obtidos pelos eletrodos de lápis e o de pilha, entre outros. Para esse fim, analisaram-se quatro concentrações diferentes de Sulfato de Cobre e Ácido Bórico, utilizou-se uma célula convencional de três eletrodos, empregando como Cátodo dois eletrodos de trabalho confeccionados.

**Palavras-chave:** Cobre; Eletroquímica; Grafite.

## ABSTRACT

*Water is essential for the survival of living beings, when it has high levels of metals it can cause damage to health. Currently, several techniques are used to detect metals in water and electrochemistry is one of them. As a result, two electrodes were made, one with pencil graphite and the other with carbon taken from a discarded (1.5V) battery, which were used in voltammetric analyzes by means of a Potentiostat/Galvanostat to detect dissolved copper in an aqueous medium. . The objective of the present work was to investigate the physical-chemical phenomena involved in the analyzes and observe the results obtained through the low cost electrodes in this electrochemical process, such as the quantification of the electric current in different concentrations, observe the changes in voltamograms as a function of of the roughness of the electroactive area, compare the analysis of the result of the Copper Sulfate with the analyzes after the addition of Boric Acid in the solution, check if there will be a difference in the area and curves of the voltamograms obtained by the pencil and battery electrodes, among others. For this purpose, four different concentrations of Copper Sulfate and Boric Acid were analyzed. A conventional cell with three electrodes was used, using two made working electrodes as the cathode.*

**Keywords:** Copper; Electrochemistry; Graphite.

## RESUMEN

*El agua es fundamental para la supervivencia de los seres vivos, cuando tiene altos niveles de metales puede causar daños a la salud. Actualmente, se utilizan varias técnicas para detectar metales en agua y la electroquímica es una de ellas. Como resultado, se realizaron dos electrodos, uno con grafito lápiz y el otro con carbón extraído de una batería desechada (1.5V), que se utilizaron en análisis voltamétricos mediante un Potenciostato / Galvanostato para detectar cobre disuelto en medio acuoso. . El objetivo del presente trabajo fue investigar los fenómenos físico-químicos involucrados en el análisis y observar los resultados obtenidos a través de los electrodos de bajo costo en este proceso electroquímico, tales como la cuantificación de la corriente eléctrica en las diferentes concentraciones, observar los cambios en los voltamogramas en función de la rugosidad del área electroactiva, comparar el análisis del resultado del Sulfato de Cobre con los análisis posteriores a la adición de Ácido Bórico en la solución, verificar si habrá diferencia en el área y curvas de los voltamogramas obtenidos por el lápiz y los electrodos de la batería, entre otros. Para ello, se analizaron cuatro concentraciones diferentes de Sulfato de Cobre y Ácido Bórico, se utilizó una celda convencional con tres electrodos, utilizando como cátodo dos electrodos de trabajo prefabricados.*

**Descriptores:** Cobre; Electroquímica; Grafito.

## INTRODUÇÃO

A quantidade e qualidade aquática do planeta estão relacionadas com sobrevivência humana e a biodiversidade de organismos. A disponibilidade deste recurso juntamente com sua qualidade tem componentes que são fundamentais para a economia regional, continental e mundial; água sem contaminantes ou organismos que podem parasitar o homem e outros organismos é fundamental para manter a sustentabilidade e a saúde humana, e em última análise a qualidade de vida de populações urbanas e rurais (TUNDISI, 2003).

Recentemente, a preocupação com a disponibilidade e qualidade da água decorre do fato, que por mais abundante que pareça, não é rara sua escassez, tanto pela ocorrência de secas prolongadas quanto pela alta carga poluidora (TUNDISI, 2003).

Mesmo a água sendo um elemento fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, mas quando esta possui índices elevados de metais pode acarretar danos à saúde, todavia atualmente empregam-se várias técnicas para detectar metais, inseticidas entre outros poluentes, e a eletroquímica é uma delas. O Cobre e o Ácido Bórico quando consumidos em excesso podem trazer sérios danos.

O Cobre representado pelo símbolo químico Cu, possui massa molar 63,55 g/mol e número

atômico 29, é um ótimo condutor elétrico e térmico (em sua forma metálica). É um elemento muito importante para o metabolismo dos seres vivos, ele faz parte de algumas enzimas que ajuda na produção de energia, formação dos glóbulos vermelhos, dos ossos ou do tecido conjuntivo, mas quando consumido em excesso pode levar a intoxicação causando sérios danos à saúde, tais como náuseas, diarreias, vômitos, anemia hemolítica, danificar o fígado e os rins.

Já o Ácido Bórico ( $H_3BO_3$ ) é um elemento químico sólido, possui forma cristalina e massa molecular 61,84 g/mol, é bastante utilizado no tratamento de infecções fúngicas, pequenos cortes, queimaduras, dentre outras. Também é utilizado como inseticida no cultivo de vegetais, e quando consumido ou absorvido em excesso causa intoxicação e acarreta em grandes complicações para o nosso organismo, como náusea, diarreia, vômito, febre, descamação da pele, sonolência e queda da pressão arterial.

A população Tocantinense vem crescendo nos últimos anos (3,2% em dois anos), trazendo como consequência o aumento da produção agroindustrial e com isto um grande investimento em defensivos agrícolas, que juntamente com a poluição urbana acaba prejudicando o ambiente aquático.

Devido a esta situação, existe a necessidade de um constante monitoramento de alguns poluentes com grande probabilidade de estarem presentes nestes ambientes, a fim de prevenir que suas concentrações aumentem acima dos máximos estipulados pela legislação brasileira (resolução CONAMA 357/05).

Os custos envolvidos neste monitoramento são consideráveis, pois envolvem técnicas de alto investimento, como a Espectrofotometria de Absorção/Emissão Atômica. Em contrapartida a este fato, o presente projeto visou implementar no estado do Tocantins técnicas Eletroanalíticas no monitoramento das águas aplicando eletrodo de baixo custo, sem perder a qualidade dos resultados.

Vale destacar que existem no mercado Potenciostatos por até 10% do valor do Espectrofotômetro Absorção Atômica. As análises eletroquímicas estão sendo desenvolvidas no LABMADE (Laboratório de pesquisa em Materiais para Aplicações em Dispositivos Eletrônicos) localizado na Universidade Federal do Tocantins/Campus de Araguaína, utilizando técnicas voltamétricas (da ROCHA, 2006) por meio de um Potenciostato/Galvanostato.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia e os equipamentos empregados neste projeto estão descritos a seguir.

Preparação das amostras: foram preparadas quatro amostras com Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) e Ácido Bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dissolvidos em 100 ml de água destilada. As concentrações foram de  $2,0 \times 10^{-3}$  mol/L;  $2,0 \times 10^{-2}$  mol/L;  $2,0 \times 10^{-1}$  mol/L; 2,0 mol/L de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + 3,4\text{g H}_3\text{BO}_3$  como ilustra a Figura 1-a.

Determinação da Temperatura e Condutividade: as medidas de condutividade serão obtidas com o condutivímetro imediatamente após a preparação das

amostras, e a temperatura será obtida da medição direta com termômetro.

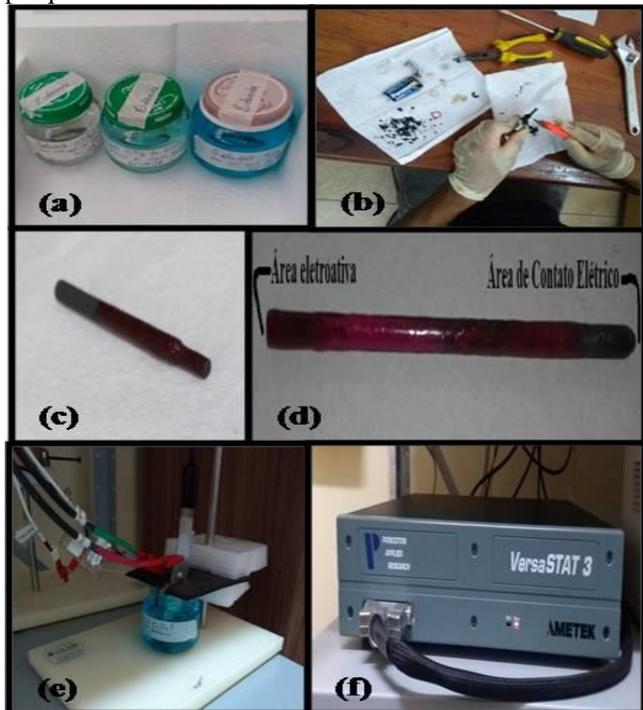
Medidas do Potencial de Hidrogênio (PH): o monitoramento do potencial hidrogeniônico das amostras é feito em um Phmetro de bancada.

Preparação do Eletrodo de Trabalho com Bastão de carbono de uma Pilha: uma particularidade desta proposta está na confecção do eletrodo de trabalho, que foi construído a partir de pilhas descartadas seguindo o método de fabricação de sensores eletroquímicos de baixo custo (BAIO, 2014). Para a confecção do eletrodo, removeu-se o tubo de carbono de pilha 1,5V descartável, foi limpo e envolto em esmalte expondo a área eletroativa (Figura 1-b). Depois do Eletrodo de Trabalho pronto (Figura 1-c), o contato elétrico com o Potenciostato é feito com a ajuda de “jacaré” preso diretamente ao carbono exposto. O mesmo pode ser feito para o grafite de lápis. Além do Eletrodo de Trabalho de carbono reciclado de uma pilha, confeccionou-se também um Eletrodo de grafite de lápis (Figura 1-d). Os Eletrodos possuem duas áreas expostas, a parte eletroativa que entra em contato com a solução e outra para contato elétrico com o Potenciostato, isso é feito com a ajuda de garra tipo “jacaré” preso diretamente ao carbono e ligado via cabo ao equipamento.

Medidas Voltamétricas: as análises eletroquímicas foram desenvolvidas no LABMADE (Laboratório de pesquisa em Materiais para Aplicações em Dispositivos Eletrônicos) 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 Stat3 (Figura 1-f). O arranjo experimental utilizado no monitoramento de cobre será a célula convencional de três eletrodos (Figura 1-e): o eletrodo de trabalho, sobre o qual ocorre a reação de interesse, o eletrodo de referência (Calomelano Saturado), onde é medido

o potencial elétrico, e o contra eletrodo (Platina). A metodologia, equipamentos/materiais empregados neste projeto estão disponíveis no LABMADE.

**Figura 1.** Materiais e equipamentos envolvidos na pesquisa.



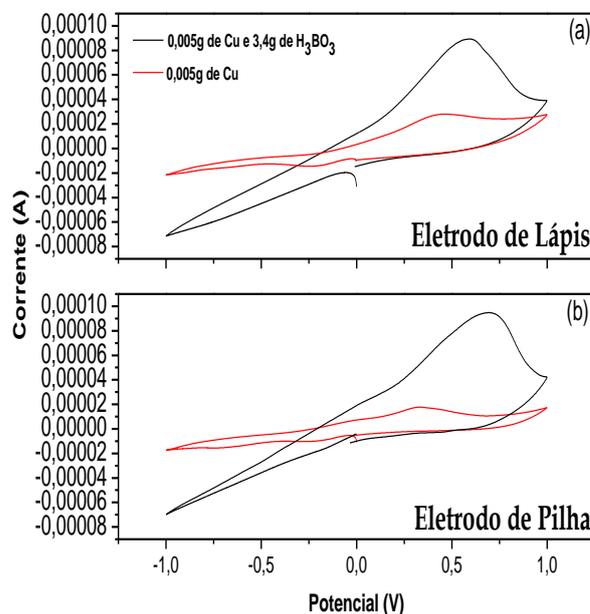
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a confecção dos eletrodos, iniciaram-se os experimentos no LABMADE. Todas as voltametrias cíclicas foram realizadas com velocidade de varredura de 0,01V/s, as observações e análises foram realizadas entre os limites de potencial -1V a +1V. A seguir estão os voltamogramas obtidos com os eletrodos de baixo custo confeccionados no LABMADE:

A princípio foi observada a diferença dos voltamogramas obtidos nas soluções com apenas o sulfato de cobre dissolvido (vermelho) e após adição de ácido bórico na mesma solução (azul). Pode-se notar uma diferença bem explícita da área de varredura obtida com os dois eletrodos nas diferentes soluções, com base nisso pode-se afirmar que realmente ocorre uma alteração bastante elevada na corrente quando adicionado o ácido bórico na

solução, este consegue potencializar a solução. A seguir estão os voltamogramas obtidos (Figura 2).

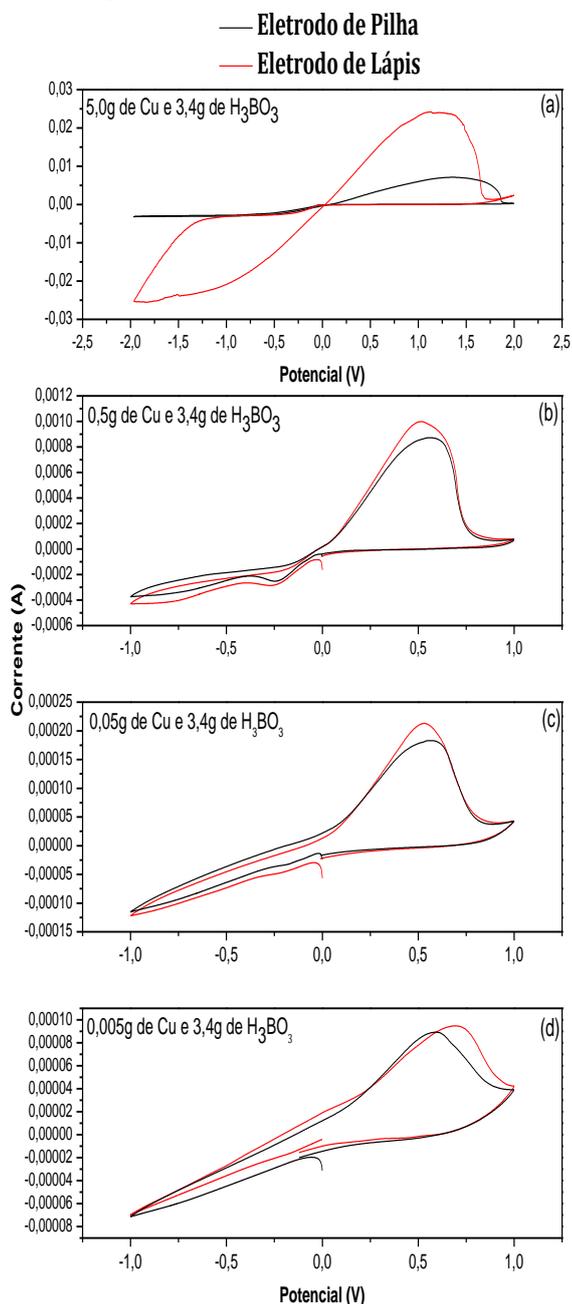
**Figura 2:** Voltamogramas cíclicos obtidos nas soluções com apenas  $\text{CuO}_4 \text{ S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CuO}_4 \text{ S} \cdot 5\text{H}_2\text{O} + 3,4\text{g}$  de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  utilizando os eletrodos de baixo custo.



Em seguida, analisou-se quatro soluções de 2,0 mol/L;  $2,0 \times 10^{-1}$  mol/L;  $2,0 \times 10^{-2}$  mol/L;  $2,0 \times 10^{-3}$  mol/L de  $\text{CuO}_4 \text{ S} \cdot 5\text{H}_2\text{O} + 3,4\text{g}$  de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  respectivamente, para comparar os voltamogramas obtidos com o eletrodo de grafite de lápis com o eletrodo de bastão de carbono de pilha. Os gráficos voltamétricos abaixo (Figura 2) nos mostram a quantificação da corrente elétrica detectada na solução aquosa, essa corrente é gerada através da transferência de elétrons com a diferença de potencial de -1V a +1V entre o eletrodo de trabalho e o contra eletrodo, através do processo de oxidação do cobre que ocorre na célula eletrolítica. Como esperado, as áreas de varredura obtida pelos eletrodos confeccionados apresentaram algumas diferenças na taxa de condutividade elétrica. Ao analisar os gráficos voltamétricos abaixo, percebe-se que o eletrodo confeccionado com grafite de lápis registrou alguns picos maiores de intensidade da corrente em relação ao eletrodo produzido com bastão de carbono de pilha, mas não tão distantes, pois a área de

varredura dos dois voltamogramas diverge pouco, exceto na Figura 3-a, o qual apresenta uma diferença bastante relevante.

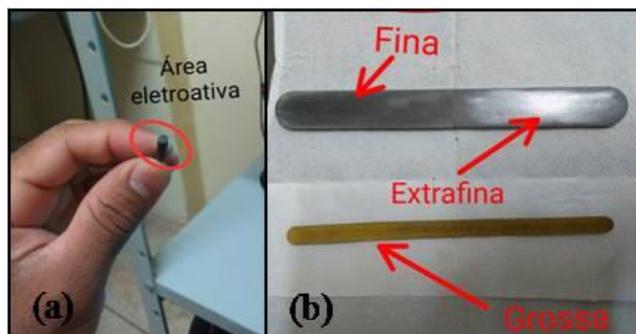
**Figura 3:** Voltametria cíclicas obtidas nas soluções das quatro soluções de 2,0 mol/L;  $2,0 \times 10^{-1}$  mol/L;  $2,0 \times 10^{-2}$  mol/L;  $2,0 \times 10^{-3}$  mol/L de  $\text{CuO}_4 \text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  + 3,4g de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  respectivamente.



Analisou-se também os fenômenos que ocorreriam no processo eletroquímico caso a rugosidade do eletrodo de trabalho não fosse constante na área eletroativa (área de interesse) e como seria a os voltamogramas obtidos em relação a essa rugosidade. Para variar essa rugosidade foram

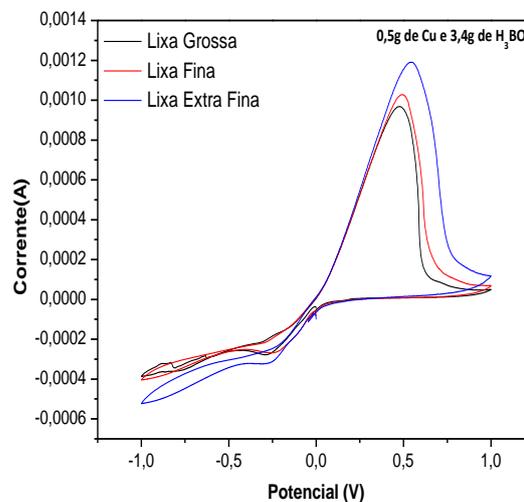
utilizados três tipos de lixas, uma lixa grossa, outra fina e outra extrafina (Figura 4).

**Figura 4:** Imagem da área eletroativa (a) e das lixas utilizadas para a rugosidade (b).



Abaixo estão os voltamogramas obtidos no teste da rugosidade (Figura 5).

**Figura 5:** Voltametrias cíclicas obtidas nas soluções de  $2,0 \times 10^{-3}$  mol/L de  $\text{CuO}_4 \text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  + 3,4g de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  respectivamente.



Pode-se observar que há uma relação inversa da rugosidade na área eletroativa e condutividade elétrica, nota-se que, a medida que rugosidade aumenta a corrente diminui e mesmo ocorre com o inverso, quanto mais fina for a lixa e quanto menos rugoso estiver a área eletroativa maior será a condutividade dos voltamogramas (Figura 5).

## CONCLUSÃO

As investigações seguiram uma linha investigativa, inicialmente a adição de ácido bórico potencializou a detecção do cobre, onde nota-se uma diferença da área de varredura (com e sem  $H_3BO_3$ ). Também como esperados, as áreas de varredura obtida pelos eletrodos confeccionados apresentaram algumas diferenças na taxa de condutividade elétrica.

Ao analisar os gráficos voltamétricos percebe-se que o eletrodo confeccionado com grafite de lápis registrou alguns picos maiores de intensidade da corrente em relação ao eletrodo produzido com bastão de carbono de pilha, mas não tão distantes, pois as áreas de varredura dos dois voltamogramas divergiram pouco.

Além disto, observou-se que há uma relação inversa da rugosidade na área eletroativa com a condutividade elétrica, nota-se que, à medida que rugosidade aumenta a corrente diminui, ou seja, quanto mais fina for a lixa e quanto menos rugoso estiver a área eletroativa maior será a condutividade dos voltamogramas. Então é possível afirmar que os eletrodos confeccionados com materiais de baixo custo são suficientes para diagnosticar cobre nos limites permitidos pela lei.

## AGRADECIMENTO

Ao CNPq, pois o presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil, a Universidade Federal do Tocantins – UFT, ao LABMADE, ao INEO e a Denisia Brito de Souza Técnica de Laboratório.

---

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.

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.

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.