

## Propriedades eletroquímicas de filmes finos de CuO:NiO e suas aplicações em dispositivos eletrocromicos

LUANA USZACKI KRUGER<sup>1</sup>; RAPHAEL BALBONI<sup>2</sup>; CÉSAR AVELLANEDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CCQFA - Universidade Federal de Pelotas – luanauszacki@gmail.com

<sup>2</sup>CDTec- Universidade Federal de Pelotas – raphael.balboni@gmail.com

<sup>3</sup>CDTec – Universidade Federal de Pelotas – cesaravellaneda@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, cada vez mais nos deparamos com grandes desperdícios e consumo exagerado de energia, com isto, busca-se sempre soluções inteligentes para resolver estes problemas, tecnologias, que proporcionem a economia de energia sem mudança ou diminuição de conforto. Pensando nisto há um grande interesse em dispositivos eletrocromicos, os quais efetuam mudanças para a economia desejada.

Materiais com boas propriedades ópticas têm levantado o interesse de cientistas pesquisadores, por terem inúmeras aplicações, materiais que podem utilizar da energia solar para a conversão térmica e elétrica (WEN; ARVIZU; NIKLASSON; GRANQVIST, 2016). Essa classe de materiais é conhecida como materiais eletrocromicos, estes materiais são conhecidos por permitirem redução do consumo de energia e por terem a capacidade de mudança de coloração reversível, em resposta a um potencial externo aplicado, uma corrente elétrica que alterna a coloração do opaco para transparente novamente (FERRARI; SOUZA, 2017). Existem muitas aplicações de filmes eletrocromicos, uma das mais importantes é a produção de monitores eletrocromicos de grande área (RISTOVA; MILUN; PEJOVA, 2015).

Para que sejam obtidos filmes de qualidade, utilizam-se técnicas clássicas que apresentam inúmeras vantagens, como o processo de sol-gel através do método coloidal, que envolve a dispersão de pequenas partículas em um líquido para formar um sol (solução) cuja instabilidade leva a formação de um gel (BRINKER; SCHERER, 1990), e a técnica para deposição de filmes sob o condutor transparente através do equipamento *dip-coating*, este permite a deposição de mais de uma camada de filmes repetindo o processo ou deposição de camadas de filmes nos dois lados do substrato, inserção e retirada do substrato na solução (VILELA, 2017). O filme fino de óxido de cobre (I) (CuO) tem sido objeto de pesquisa em numerosos estudos, como candidato para uma aplicação de células solares. Sabe-se que os filmes finos de óxido de cobre apresentam eletrocromismo catódico, isto é, são transparentes para a luz visível em seu estado oxidado e quase preto em seu estado reduzido (WONG; ZHUK; PANAHI; DELAPATI, 2016).

Desde o começo até o presente momento do desenvolvimento do projeto proposto, preparou-se sois e filmes finos de CuO, porém foi-lhes acrescentada dopagem como um novo meio de pesquisa, estes sois preparados pelo processo sol-gel em conjunto com a técnica de Dip-Coating para leitura de resultados como voltametria e cronocoulometria.

## 2. METODOLOGIA

Para o preparo da solução de CuO:Ni, foram adicionados em um béquer sob agitação magnética Acetato de Cobre  $[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2]$  como precursor, Etanol  $[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]$  como solvente, Ácido Acético  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  como catalisador e Cloreto de níquel para dopagem, todos em diferentes concentrações. Após misturados estes elementos foram submetidos a radiação ultrassônica de ponta durante 30 minutos.

A solução de CuO:Ni foi depositada em uma placa de substrato de FTO (Óxido de estanho dopado com flúor), previamente lavado com álcool etílico e cetona por meio de radiação ultrassônica durante 10 minutos e seco. Esta deposição foi feita através da técnica de *Dip-Coating*, em ambiente com umidade abaixo de 43%, as velocidades e o tempo utilizados no equipamento foram 100, 110 e 120 mm/min e 5 minutos de hidrólise para cada, posteriormente submeteu-se o substrato a um tratamento térmico de 450°C durante 30 minutos. Processo foi repetido 3 vezes para que alcançasse a espessura desejada para o filme (3 camadas).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo objetivou a preparação e uso de filmes finos dopados para aplicar camadas ativas em um dispositivo eletrocromico. Os testes de eficiência foram feitos através de um potenciostato/GalvanostatoAutolab sendo feitas medidas de voltametria cíclica, crocoulometria e cronoamperometria. Também utilizou-se nos testes uma célula eletrolítica, tendo como eletrólito perclorato de lítio, contra-eletródo uma placa de platina e referência um fio de prata.

Mostraram melhor resultado os filmes de 3 camadas com velocidade de 100mm/min, as medidas para os filmes de CuO:Ni (com 0,25% em peso de Ni) estão apresentadas a partir deste valor nas figuras 1, 2 e 3.

As medidas realizadas por voltametria estão a uma velocidade de varredura de 20 mV/s (Figura 1), para os potenciais de -1,0 V (catódico) a +1,0 V (anódico).

Para dopagem a quantidade utilizada foi de 0,25% de cloreto de níquel em relação a solução. Esta foi utilizada para todas as medidas a seguir.

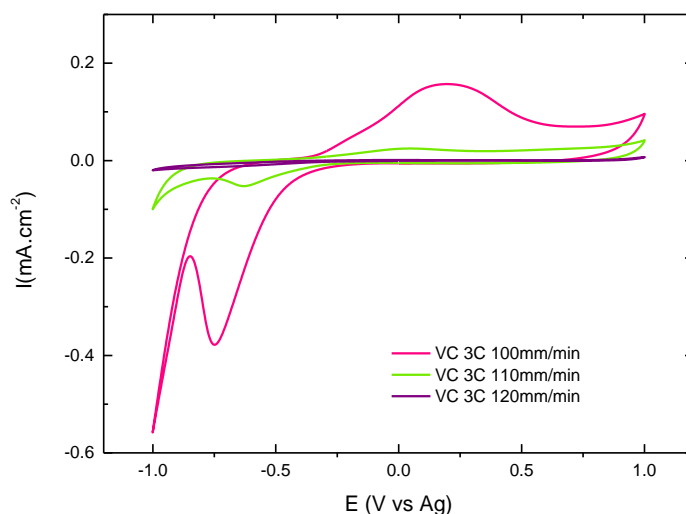


Figura 1: Voltametria cíclica filmes dos filmes de CuO:NiO de 3 camadas

Durante os processos de oxidação/redução e processos de desintercalação/intercalação dos íons de perclorato de lítio (eletrólito) ocorreu uma mudança na coloração do filme de cinza escuro para transparente.

Nota-se que em apenas no filme que teve velocidade de deposição de 100mm/min, os picos catódicos (processo de inserção) e anódico (processo de extração) estão bem definidos.

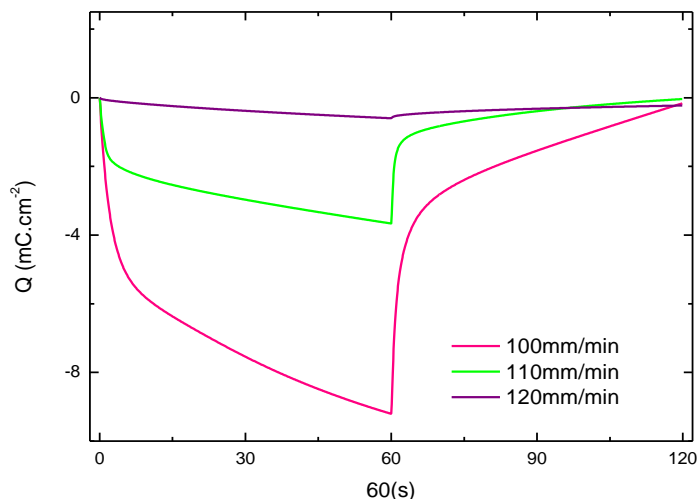


Figura 2: Cronocoulometria dos filmes de CuO:NiO de 3 camadas.

A figura 2 mostra medidas de cronocoulometria com potenciais de -1,0 V a +1,0 V e tempo de polarização e despolarização de 60s. Neste caso uma forte carga foi imposta ao eletrodo de trabalho e mediu-se o potencial como função do tempo. Importante salientar que como na figura anterior, na velocidade de 100mm/min do equipamento é que há um aumento nas correntes catódicas e anódicas e conseqüentemente um aumento nas densidades de carga, onde toda carga inserida no filme é retirada. Observa-se também que o filme que apresentou a melhor resposta tem a reversibilidade completa, ou seja, a razão de  $Q_a/Q_c=1$ .

Já na figura 3, através da cronoamperometria, observou-se que nesta mesma velocidade a densidade de corrente aumenta, tendo um pico de carga maior, importante salientar que para o processo de inserção seja completa os filmes precisam de 13s e o processo de extração é de 25s para o filme que teve a deposição a 100 mm/min.

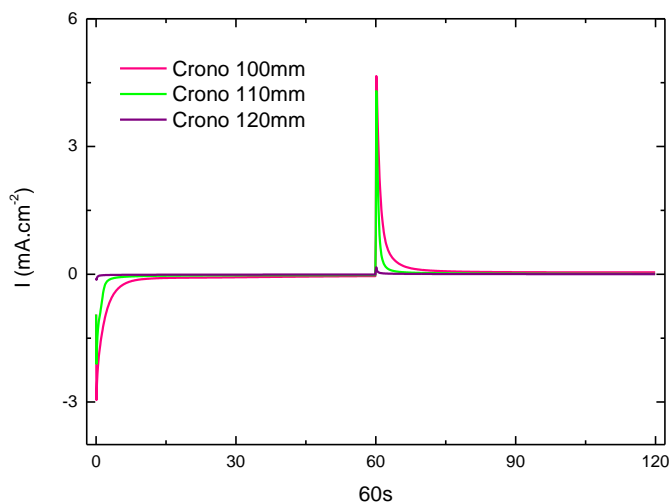


Figura 3: Cronoamperometriados filmes de CuO:NiO de 3 camadas.

#### 4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que é possível o preparo dos filmes finos de CuO:Ni (0,25% em peso de Ni) com qualidade na morfologia conforme sua velocidade de deposição. Através desta velocidade também é possível visualizar que seu aumento causa diminuição na intensidade de corrente, porém sem alterações em propriedades ópticas do filme.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WEN, R. T.; ARVIZU, M. A.; NIKLASSON, G. A.; GRANQVIST, C.G. Electrochromics for energy eficiente buildings: Towards ling-term durability and materials rejuvenation. **Elsevier**, Rio de Janeiro, v. 290, n. 21, p. 121-125, 2016.
2. FERRARI, V. C.; SOUZA, F. L. Síntese de polieletrólito híbrido condutos de íons Li para aplicação em dispositivos eletrocromicos. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetininga, v. 4, n. 4, p. 239-256, 2017.
3. RISTOVA, M, M.; MILUN, M.; PEJOVA, B. Surface analysis eletrochtomicCuxO films in their colored and bleached states. **Materials and technology**, Slovenia,v. 49, n. 3, p. 387 – 393, 2015.
4. BRINKER, C. J.; SCHERER, G. W. **Soul-Gel science: The Physics and Chemistry of Soul-Gel Processing**. San Diego: Academic Press Inc., 1990.
5. VILELA, R. R. C. **Caracterização Óptica de Nanopartículas de CuCl e CuBr Sintetizadas em Filmes ORMOSILs**. 2017. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-graduação em Física, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
6. WONG, T. K.; ZHUK, S.; PANAH, S. M.; DELAPATI, G. K. Current Status and Future Prospects of Copper Oxide Heterojunction Solar Cells. **Materials**, Suiça, V. 9, n. 4, p. 271, 2016.