

FILMES FLEXÍVEIS DE WO₃: INFLUÊNCIA DA ESPESSURA NAS PROPRIEDADES ELETROCRÔMICAS

DIONESSA LEITZKE¹; CAMILHA SCHOLANT², LUANA USZACKI^{2*}; CÉSAR ANTONIO OROPESA AVELLANEDA³

^{1, 2, 3}Universidade Federal de Pelotas

1 – dionessa_@hotmail.com 2 – camila_scholant@hotmail.com 2* – luanauszacki@gmail.com

3 – cesaravellana@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A grande explosão populacional associada à melhoria na qualidade de vida, tem por consequência o aumento da utilização dos recursos energéticos, dentre os quais estão as fontes geradoras de energia. Atualmente cerca de 30-40% dessa geração é destinada a climatização de edifícios, iluminação e uso em equipamentos eletrônicos. Ao considerar que a maior parte da energia elétrica produzida, cerca de 70%, é obtida da queima de fontes fósseis, e tendo em vista as graves consequências climáticas do efeito estufa, torna-se urgente o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes que propiciem economia de energia (GRANQVIST, 2014).

Neste contexto estão sendo estudados diversos materiais para aplicação em dispositivos eletrocrômicos ou “janelas inteligentes” (QUINTANILHA, 2014). Com o uso destas janelas é possível controlar a entrada de luminosidade e calor, o que resulta na diminuição do consumo de energia por lâmpadas e aparelhos de ar condicionado (GRANQUIVIST, 2014). Uma janela eletrocrômica (figura 1) é essencialmente uma célula eletroquímica onde o eletrodo de trabalho está separado do contra-eletrodo por um eletrólito (sólido ou líquido). Ao ser aplicado um potencial na célula ocorre a dupla inserção de íons, os quais mudam o estado de oxidação do eletrodo, gerando mudança na sua coloração. De maneira oposta, ao ser aplicado o potencial inverso ocorre a extração dos íons anteriormente inseridos, gerando a descoloração do material (KIM, 2013). A reação química envolvida neste processo de coloração (inserção de íons lítio) e descoloração (retirada de íons lítio) é mostrada na figura 2 (EREN, 2017).



Figura 1. Fotos da janela eletrocrômica de WO₃ com estado descolorido (à esquerda) e colorido (à direita) (KIM, 2013).

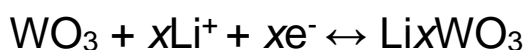


Figura 2. Reação química envolvida no processo de inserção/extração de íons lítio no filme de trióxido de tungstênio.

Dentre os materiais em evidência para aplicações eletrocrômicas estão os óxidos de metais de transição, os quais receberam grande destaque depois que

DEB et al. (1969) apresentou um estudo sobre filmes finos de trióxido de tungstênio (WO_3). A partir de então os filmes finos de WO_3 estão sendo estudados principalmente para aplicação em dispositivos eletrônicos. Neste contexto surgem os substratos flexíveis como substituição aos frágeis substratos de vidro. Apesar de utilizar os mesmos recursos funcionais dos dispositivos convencionais sua característica maleável amplia as possibilidades de aplicação (EREN, 2017).

Diversos obstáculos impedem a fabricação em escala industrial destes dispositivos, em especial o alto custo de fabricação. Existem diferentes formas de aliar a tecnologia ao baixo custo. Uma delas é a utilização de rotas mais simples como, por exemplo, a rota sol-gel para o preparo da solução de WO_3 , sendo o sol-gel um processo químico de síntese considerado simples, versátil e de baixo custo (EBRAHIMIFARD, 2014).

Diante do que foi exposto o objetivo deste trabalho foi preparar, a partir do processo sol-gel, filmes finos de tungstênio em substrato flexível a fim de avaliar a influência da velocidade de deposição nas propriedades eletrocrômicas e caracterizá-los para uma possível aplicação em dispositivos eletrocrômicos.

2. METODOLOGIA

2.1 Preparo da solução de WO_3

O sol de WO_3 foi preparado usando a rota proposta por CRONIN et al. (1993). Primeiramente o tungstênio metálico foi dissolvido na presença de peróxido de hidrogênio (30%) e ácido acético glacial a uma temperatura de 0°C durante 24 horas. A solução foi misturada, filtrada, evaporada e um pó de cor amarela foi obtido. Após esse pó foi dissolvido em etanol. A figura 3 mostra esquematicamente a preparação do Sol de WO_3 .



Figura 3. Preparação do sol de WO_3

2.2 Preparo do filme

A solução foi despositada em substrato flexível recoberto com ITO (óxido de estanho dopado com índio) previamente limpo. A técnica de deposição escolhida foi a “*dip-coating*” com as velocidades de mergulho de 40, 50, 55, 60, 65 e $70 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Após 10min de hidrólise ao ar livre de umidade, o filme foi submetido a um tratamento térmico à 100°C por 1h.

2.3 Caracterizações eletrocrômicas

As propriedades eletrocrômicas dos filmes foram estudadas com o auxílio de um poteciostato/galvanostato através da inserção do filme em uma célula eletroquímica contendo 3 eletrodos: contra-eletródo (placa de platina de 1 cm^2 de

área), eletrodo de referência (fio de prata) e eletrodo de trabalho (filme fino de WO_3). O perclorato de lítio (LiClO_4) dissolvido em carbonato de propileno a uma concentração de 0,1M foi utilizado como eletrólito.

Foram realizadas medidas de voltametria cíclica, com velocidade de varredura de 50 mV.s^{-1} entre os potenciais de -1,0 V e +1,0 V. Também foram realizadas medidas de cronoamperometria e cronocoulometria com aplicação de potencial catódico de -1,0 V e anódico de +1,0 V para 30 segundos de polarização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Filmes finos de trióxido de tungstênio apresentam intensa coloração azul quando submetidos a uma diferença de potencial. Esta coloração é considerada catódica, pois é decorrente da inserção de íons H^+ ou Li^+ na estrutura do filme. Foi realizado um estudo sistemático sobre a influência da velocidade de deposição (espessura do filme) sobre as propriedades eletrocromicas. A análise dos voltamogramas da figura 5 mostra que o filme depositado à 60 mm.min^{-1} apresenta maior densidade de corrente e de carga. Com a análise das curvas de cronocoulometria ilustradas na figura 6A foi possível eleger o filme de 60 mm.min^{-1} como o melhor do grupo, pois apresentou a maior densidade de carga ($27,11 \text{ mC.cm}^{-2}$). As curvas cronoamperométricas (figura 6B) evidenciam que este filme possui excelente cinética de coloração e descoloração além de boa reversibilidade, ou seja, a razão entre a carga catódica e anódica (Q_c/Q_a) de 0,94.

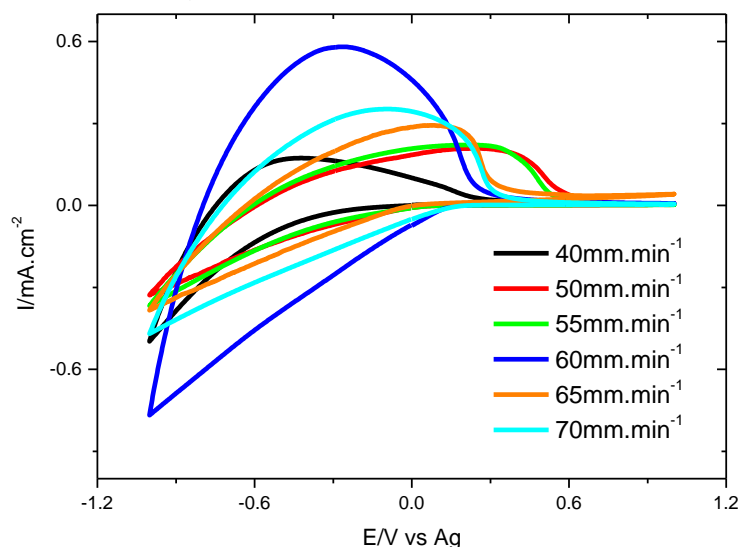


Figura 5. Voltametria cíclica dos filmes de WO_3

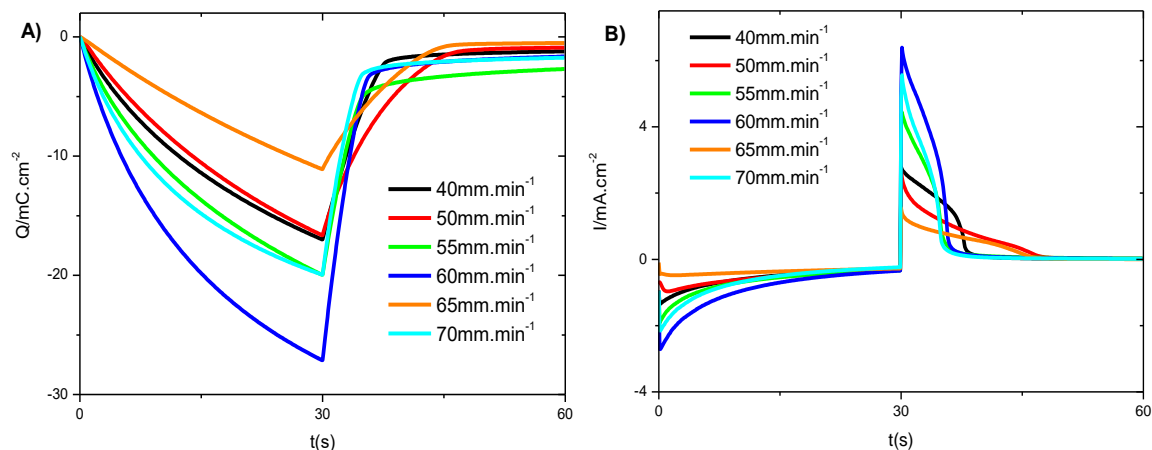


Figura 6. A) Cronocoulometria B) Cronoamperometria para os filmes de WO_3

Ainda serão realizadas as caracterizações morfológicas e ópticas dos filmes.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados parcialmente obtidos. As metodologias utilizadas na preparação das amostras apresentaram boas respostas eletrocromicas, proporcionando assim, uma maior densidade de carga e reversibilidade no filme de WO₃ a velocidade de imersão de 60 mm min⁻¹. O que possibilita futuros estudos para aplicação desse material como contra-eletrodo em um dispositivo eletrocromico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRONIN, J. P.; TARICO, D.J., TONAZZI, J.C.L.; AGRAWAL, A.; KENNEDY, S.R. Microstruture and properties of sol-gel deposited WO₃ coatings for large area electrochromic windows. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, 29, 371-386, 1993.

DEB, S. K. A Novel Electrophotographic System. **Applied Optics**, 8, 192-195, 1969.

EBRAHIMIFARD, R.; GOLOBOSTANFARD, M. R.; ABDIZADEH, H. Sol-gel derived Al and Ga co-doped ZnO thin films: An optoelectronic study. **Applied Surface Science**, 290, 252-259, 2014.

EREN, E.; KARACA, G.Y.; KOC, U.; OKSUZ, L.; OKSUZ, A.U. Electrochromic characteristics of radio frequency plasma sputtered WO₃ thin films onto flexible polyethylene terephthalate substrates. **Thin Solid Films**, 634, 40-50, 2017.

GRANQVIST, C. G. Electrochromics for smart windows: Oxide-based thin films and devices. **Thin Solid Films**, Sweden, 564, 1-38, 2014.

KIM, S.; KONG, X.; TAYA, M.; Eletrochromic Windows based on anodic electrochromic polymesitylenes containing 9H-carbazole-9-ethanol moieties. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, 117, 183-188, 2013.

QUINTANILHA, R. C. Eletrocromismo: Fundamentos e a Aplicação de Nanomateriais no Desenvolvimento de Eletrodos de Alto Desempenho. **Química Nova**, Brasil, v. 37, n. 4, p. 677-688, 2014.