

## FILMES FINOS DE V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:MOO<sub>3</sub> E SUAS APLICAÇÕES EM ELETROCROMISMO

**CAMILA MONTEIRO CHOLANT<sup>1</sup>; RAFAELA MOREIRA JAVIER LEMOS<sup>1</sup>; TALITA MARTH WESTPHAL<sup>1</sup>; IZABEL MORAES CALDEIRA<sup>1</sup>; ANDRÉ GÜNDEL<sup>2</sup>; WLADIMIR HERNANDEZ FLORES<sup>2</sup>; CÉSAR OROPESA AVELLANEDA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – camila\_scholant@hotmail.com*

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – rafaela.mjl@gmail.com*

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – talitamwestphal@gmail.com*

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – izabel\_mc@hotmail.com*

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – cesaravellaneda@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal do Pampa – gundel@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal do Pampa – wladimir.flores@unipampa.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento da energia solar tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras, por ser uma fonte de energia inesgotável. Cabe ressaltar que o sol é responsável por grande parte das outras fontes de energia. (BRASIL, 2008).

E essa necessidade de aprimorar cada vez o aproveitamento dos recursos energéticos tem incentivado pesquisas nas mais diversas áreas. Uma das prováveis soluções para contribuir na eficiência energética é as janelas inteligentes, desenvolvidas a partir de vidros eletrocrônicos. Esses dispositivos eletrocrônicos proporcionam aos usuários a possibilidade de interferência, uma vez que o vidro eletrocrônico apresenta características distintas de transmissão à radiação solar, quando polarizado ou despolarizado. Dessa maneira, pode-se minimizar o consumo de energia de uma edificação, com a racionalização do uso de climatizadores e de iluminação artificial, considerando que, ao longo do dia, o usuário vai definir quando permitirá ou não a passagem da radiação solar. (CARAM, 2003)

Os dispositivos são essencialmente uma célula eletroquímica, onde o eletrodo de trabalho (eletrocrônico) está separado do contra-eletrodo por um eletrólito (sólido ou líquido) e a mudança de cor ocorre devido ao carregamento e descarregamento da célula eletroquímica. (GRANQVIST, 1995)

Pesquisas sendo desenvolvidas na preparação de filmes finos, no objetivo de apresentar propriedades ópticas desejáveis para ser utilizada em um dispositivo eletrocrônico, vêm cada vez mais crescendo. Nesse contexto, o processo sol-gel e a técnica de *dip coating* oferecem muitas vantagens sobre os métodos tradicionais na deposição de filmes finos eletrocrônicos e armazenadores de íons. (ÖZER et al., 1995).

A técnica de *dip coating* utilizando sol de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresenta uma baixa condutividade eletrônica, ainda mais quando o V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pode ser dopado com manganês (XIAOYING et al., 2009), tântalo (AVELLANEDA, 2006), prata (XIONG et al., 2008) níquel (JEYALAKSHMIA, 2013), entre outros.

Neste trabalho é proposto fazer filmes finos eletrocrônicos de pentóxido de vanádio dopado com trióxido de molibdênio com o objetivo de tornar a aplicação em dispositivos eletrocrônicos, como janelas inteligentes, de mudar suas propriedades ópticas como: absorção, transmissão ou reflexão, devido a uma mudança nas condições do meio quando submetidos a aplicação de corrente elétrica ou potencial elétrico.

## 2. METODOLOGIA

### I. Preparação do sol de $V_2O_5:MoO_3$ pelo método sol-gel

De acordo com estudos realizados, inicialmente, o sol de  $V_2O_5:MoO_3$  foi preparado a partir da mistura de oxitriisopropóxido de vanádio (V), isopropanol como solvente e de ácido acético glacial como catalizador. A solução foi agitada durante 30 minutos, resultando numa solução amarela. Para produzir o sol de  $V_2O_5:MoO_3$ , à solução final foi adicionado 2,5, 5, 7,5, 10 e 15mol% de  $MoO_3$ . A Figura 01 mostra a preparação dos sóis de  $V_2O_5:MoO_3$ .

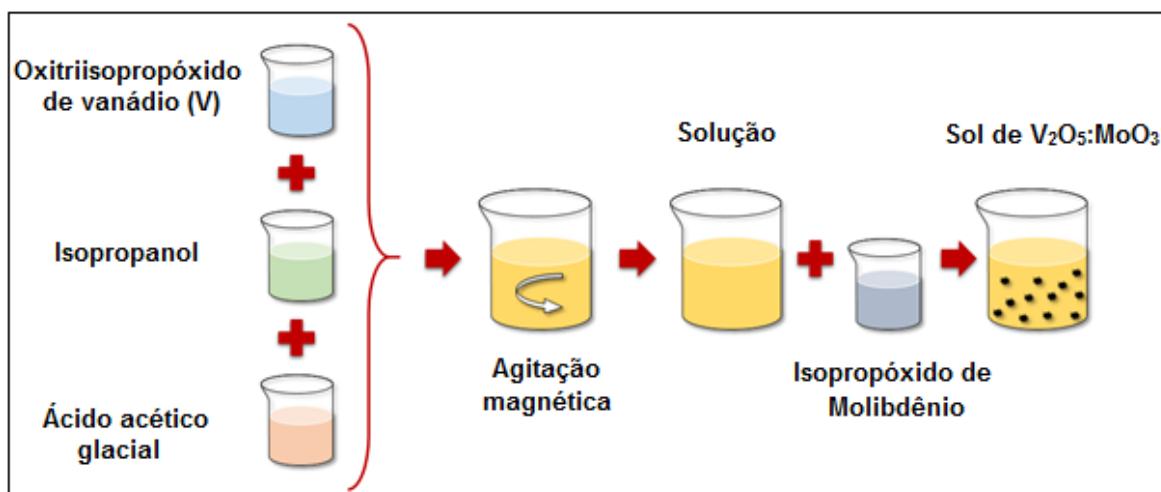


Figura 01 – Preparação dos sóis de  $V_2O_5:MoO_3$

### II. Preparação dos filmes finos de $V_2O_5:MoO_3$ pela técnica de *dip coating*

Os filmes foram depositados sobre um vidro recoberto com uma camada condutora eletrônica de FTO (Pilkington). As placas de FTO antes de serem usadas, foram cuidadosamente lavadas e secas a temperatura ambiente. Depois de secas, as placas foram depositadas pela técnica de *dip coating*, (instalações do curso de Engenharia de Materiais (UFPel), em um equipamento de sistema de elevação para emulsificação de placas, da Marca MARCONI – MA765) as velocidades de 10, 15 e 20cm/min, estabelecido segundo estudos realizados. Os filmes obtidos foram tratados termicamente a 350°C durante 30 minutos. Para obter filmes com espessuras maiores, aumentou-se o número de camadas. Neste trabalho, foi estipulado se trabalhar até a terceira camada, conforme estudos realizados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados preliminares apresentados até o momento, tem o intuito de um estudo sistemático para avaliar a influência do  $MoO_3$  nas propriedades de armazenamento do  $V_2O_5$ . Os filmes finos de  $V_2O_5:MoO_3$  foram estudados através de diferentes técnicas eletroquímicas, tais como, voltametria cíclica, cronoamperometria, cronocoulometria, espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), medidas óptico-eletrônicas como, espectroscopia de ultravioleta visível (UV-Vis) e medidas de raios-X para estudar o caráter amorfó ou cristalino dos filmes finos eletrocrônicos. Os filmes de  $V_2O_5$  com 5mol% de  $MoO_3$  foi o que apresentou uma

melhor densidade de carga de  $92,59\text{mC/cm}^2$  assim como reversibilidade, conforme mostra a Figura 02.

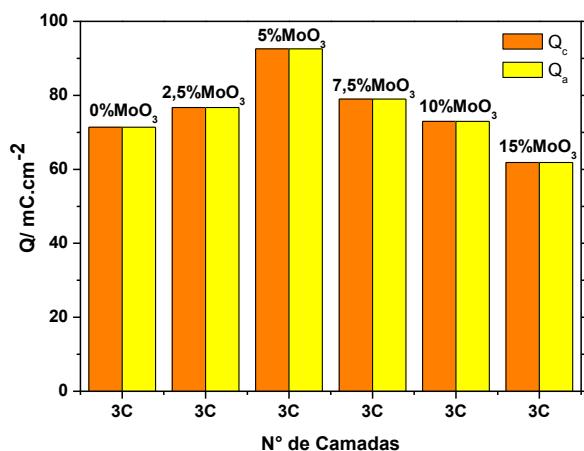


Figura 02 - Densidade de carga catódica/anódica para os filmes finos de  $\text{V}_2\text{O}_5:\text{MoO}_3$

Na Figura 03 é apresentado o resultado da densidade de carga catódica/anódica dos filmes de  $\text{V}_2\text{O}_5:\text{MoO}_3$  das medidas de cronocoulometria, onde a corrente foi registrada durante a aplicação de um pulso quadrado.

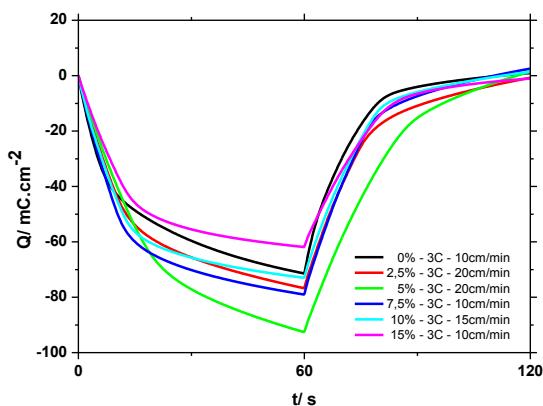


Figura 03 - Densidade de carga catódica/anódica para os filmes finos de  $\text{V}_2\text{O}_5:\text{MoO}_3$

Na Figura 04 tem-se as voltametrias cíclicas do filme de  $\text{V}_2\text{O}_5:\text{MoO}_3$ , sendo que estas foram realizadas sob os potenciais de  $-0,85$  e  $+0,85\text{V}$ , a uma velocidade de varredura de  $20\text{mV/s}$ , no eletrólito  $\text{LiClO}_4/\text{PC}$   $0,1\text{M}$ . Podem ser observados dois picos catódicos e dois picos anódicos muito bem definidos para as diferentes concentrações de  $\text{MoO}_3$ , os quais correspondem aos processos de redução e oxidação do filme de  $\text{V}_2\text{O}_5$ , respectivamente.

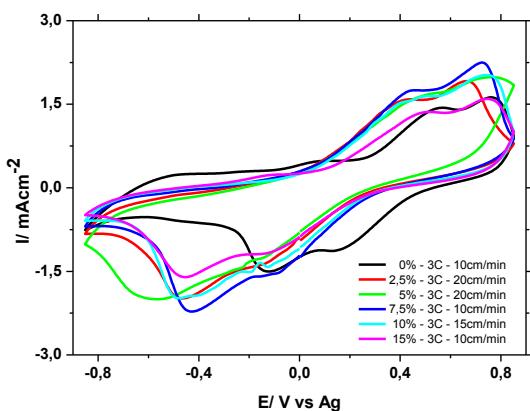


Figura 04 – Voltametria cíclica para o ciclo 2 dos filmes finos de  $\text{V}_2\text{O}_5:\text{MoO}_3$

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos até o momento, pode-se concluir que os filmes finos de  $\text{V}_2\text{O}_5$  dopados com diferentes concentrações de  $\text{MoO}_3$  confirmam a possibilidade de serem utilizados em dispositivos eletrocrônicos, apresentando reversibilidade além de possuir uma ótima morfologia.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Atlas de energia elétrica do Brasil. **Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**. Brasília, p. 236. 2008.

CARAM, R.; SICHLER, E.; PAWLICKA, A. Vidros eletrocrônicos: vidros que mudam de cor, **FINESTRA**, n.35, 2003.

GRANQVIST, C. G. Handbook of Inorganic **Electrocromic Materials**. 1<sup>a</sup>. ed. Amsterdam: Elsevier, . p. 139-146,1995.

ÖZER, N. et al. Characterization of sol-gel deposited niobium pentoxide films for electrochromic devices. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v.36, n.4, p.433-443, 1995.

XIAOYING, X. et al. Structural and electrochemical behavior of Mn-V oxide synthesized by a novel precipitation method, **Journal of Solid State Electrochemistry**, v.14, n.9, p.1585-1594, 2009.

AVELLANEDA O. C., BULHÓES S. O. L., Optical and electrochemical properties of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:Ta Sol-Gel thin films, **Solar Energy Materials & Solar Cells**, v.90, p.444–451,2006.

XIONG, C. et al. Fabrication of silver vanadium oxide and V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nanowires for electrochromics, **ACS Nano**, v.2, p.293-301, 2008.

JEYALAKSHMIA, K.; VIJAYAKUMAR, S.; PURUSHOTHAMAN, K. K. Nanostructured nickel doped  $\beta$ -V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> thin films for supercapacitor applications, **Materials Research Bulletin**, v.48, n. 7, p. 2578-2582, 2013.