

## INVESTIGAÇÕES DE DEPOSIÇÃO DE FOTO ELETRODOS APLICADOS A CÉLULAS SOLARES VIA DIP-COATING/DOCTOR-BLADE

ANANDA RAMIRES DAS NEVES STIGGER<sup>1</sup>; NATAN MENDES CASERO<sup>2</sup>;  
THISSIANA DA CUNHA FERNANDES<sup>3</sup>; MÁRIO LÚCIO MOREIRA<sup>4</sup>; CRISTIANE  
RAUBACH RATMANN<sup>5</sup>; PEDRO LOVATO GOMES JARDIM<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas– [anandaramires@gmail.com](mailto:anandaramires@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas– [natan.casero@hotmail.com](mailto:natan.casero@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas– [thissifernandes@hotmail.com](mailto:thissifernandes@hotmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas– [mlucio3001@gmail.com](mailto:mlucio3001@gmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas– [cricawr@gmail.com](mailto:cricawr@gmail.com)

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas– [pedro.lovato@ufpel.edu.com](mailto:pedro.lovato@ufpel.edu.com)

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda na busca de novas energias renováveis torna o desenvolvimento em células solares uma área de pesquisa muito ampla, visto que este tipo de energia não é uma ameaça ao meio ambiente [1], no entanto possui custos elevados para a produção. Diversos compostos estão sendo estudados para tornar mais barato, um deles é o Titanato de bário (BTO).

O BTO é um composto estudado por vários grupos de pesquisa como opção de foto eletrodos aplicados a células solares. Um dos motivos é o fato deste composto possuir um elevado fator de preenchimento, 0,73 comparando com o valor máximo 1, no entanto, a foto corrente obtida é muito baixa [2], 21,8µA. Na busca para a solução deste problema, depositaremos um filme fino e denso de Dióxido de Titânio (TiO<sub>2</sub>) juntamente com um filme espesso de BTO, sobre um substrato. Os dois compostos formaram uma heterojunção, isto tem sido frequentemente aplicada em celular solares, para uma melhor eficiência e evitando curto circuito entre os eletrodos [3]. A finalidade desta heterojunção é analisar se acontecerá uma melhora significativa na fotocorrente devido o alinhamento de bandas entre os compostos depositados, TiO<sub>2</sub>/BTO.

O objetivo do trabalho é montar uma célula solar com TiO<sub>2</sub> e BTO. Existem diversos métodos para a deposição dos filmes no substrato. Utilizaremos o substrato de óxido de estanho dopado com fluor (FTO). O primeiro filme depositado é de TiO<sub>2</sub> pelo método Dip-Coating, com este método pode-se controlar a espessura do filme variando os parâmetros, como velocidade de imersão e emersão e o tempo que o substrato permanecerá imerso na solução. Sobre posto a ele um filme espesso de BTO, pelo método Doctor-blade, esse método forma um filme mais espesso que o anterior, aproximadamente 1mm.

Os materiais foram sintetizados pelo método hidrotermal assistido por micro-ondas, este método possui algumas vantagens, dentre elas uma maior taxa de nucleação, redução no tempo de síntese e economia de energia. Após a síntese dos materiais foram feitas as medidas de difração de raio x (DRX), medidas de UV e Raman.

### 2. METODOLOGIA

A síntese do BTO se deu pelo método hidrotérmico assistido por micro-ondas. Primeiramente dissolvemos 2,44g de Cloreto de Bário (BaCl<sub>2</sub>) em 35ml de água destilada e reservamos; 3ml de isopropóxido de titânio em 12ml de álcool etílico, reservamos e por fim 1,68g de hidróxido de potássio (KOH) em 30ml de água destilada. Sobre agitação magnética, as três soluções foram colocadas

em um becker maior, que comportasse-as, permaneceram sob agitação até a homogeneização da solução. Então a solução foi transferida para a célula reacional, o processo foi realizado durante 30 minutos com uma temperatura de 140°C. O sistema do microondas opera a 2,45GHz com potência máxima de 800W. Após a síntese a solução foi lavada por centrifugação à 3600 rpm com água destilada várias vezes até obter uma solução com o  $\text{pH}=7$ , depois foi posto na estufa com uma temperatura de 80°C durante 24h para a secagem da mesma.

A síntese do  $\text{TiO}_2$  também foi sintetizado pelo método hidrotérmico assistido por micro-ondas. Utilizamos 7,11g de isopropóxido de titânio em 20ml de álcool etílico mais 40ml de água destilada, a solução permaneceu sob agitação magnética até a homogeneização. Transferimos a solução para a célula reacional, a síntese ocorreu durante 10 minutos com uma temperatura de 140°C. A solução permaneceu sob centrifugação até o  $\text{pH}$  ficar neutro, após isso a amostra foi colocada para secar durante 24h com uma temperatura aproximada de 80 graus. Após a síntese dos materiais realizamos a difração de raio x dos dois compostos, também medidas de UV e Raman.

Para a montagem da célula solar, utilizaremos um substrato de FTO, onde depositaremos o filme fino de  $\text{TiO}_2$  e sobre posto a ele um filme mais espesso de BTO de modo a formar uma heterojunção com a deposição dos dois filmes. Depositamos sobre o substrato de FTO o filme de  $\text{TiO}_2$  pelo método Dip-coating, com este método pudesse controlar a espessura do filme, variando a velocidade de imersão e emersão e também o tempo que o substrato permanecerá submerso na solução. Foram realizados diversos testes de deposição com concentrações de 1%, 1,5% e 2% de  $\text{TiO}_2$  em etilenoglicol, as imagens dos filmes estaram a seguir.

Como não conseguimos um filme fino e homogêneo, sintetizamos o  $\text{TiO}_2$  pelo método sol-gel, para este processo utilizamos isopropóxido de titânio, ácido cítrico e água destilada, a solução permaneceu sob agitação magnética até a homonização. Quando conseguirmos um filme fino e homogêneo de  $\text{TiO}_2$ , depositaremos sobre ele o BTO pelo método doctor-blade, com este método conseguisse um filme mais espesso que o anterior. Após a montagem da célula vamos poder aferir a tensão de circuito aberto e a corrente, também a potência da célula quando exposta a luz.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a sintetização dos materiais estudados, BTO e  $\text{TiO}_2$ , realizou-se as medidas de difração de raio x, dispostas nas Figuras 1 e Figura 2.

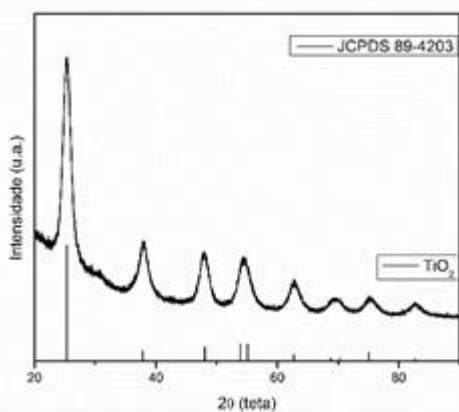


Figura 1: Difração de Raio x,  $\text{TiO}_2$

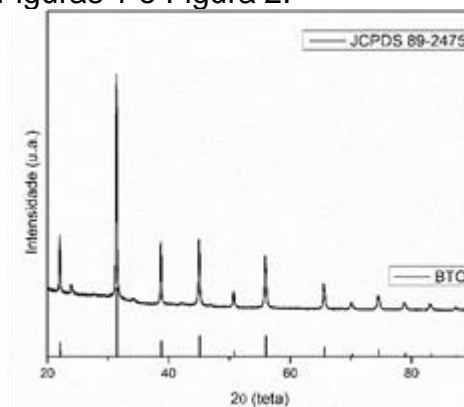


Figura 2: Difração de Raio x, BTO

Como podemos ver nas Figuras 1 e Figuras 2, onde comparando com a ficha JCPDS 89-2475 e JCPDS 89-4203 do BTO  $\text{TiO}_2$  respectivamente, podemos

indexar a amostra de BTO a fases cúbica e  $\text{TiO}_2$  a fase anatase tetragonal, assim como esperado. Nota-se que há um Background elevado para ambas as amostras, o qual é devido a uma pequena fração de material ainda não cristalizado. As Figura 3 e Figuras 4 abaixo mostram as medidas de UV.

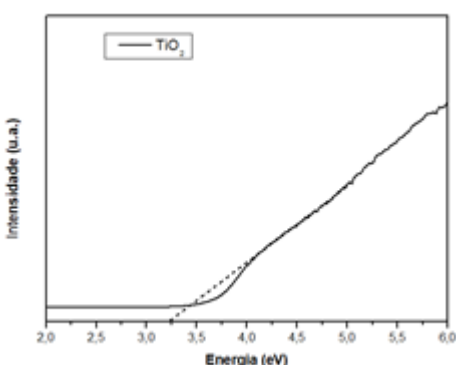


Figura 3: Espectro de absorção de Luz UV-Visível,  $\text{TiO}_2$ .

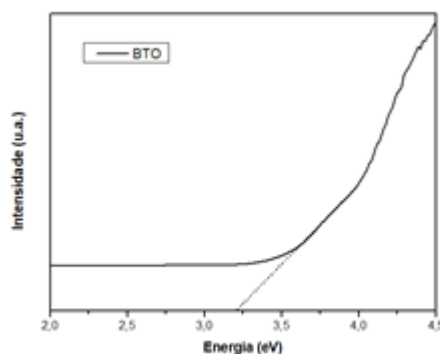


Figura 4: Espectro de absorção de Luz UV-Visível, BTO.

As figuras 3,4 mostram o espectro de absorção de luz UV-Visível do  $\text{TiO}_2$  e do BTO, respectivamente, plotado no método de Wood e Tanc. Para o BTO resultou um gap de 3,2 eV e para o  $\text{TiO}_2$  um gap de também 3,2 eV, os dois compostos atendem o valor reportado na literatura, o que os insere na condição de potencial fotoeletrodos. Também foram realizadas a espectroscopia Raman das duas amostras, dispostas nas Figura 5 e Figura 6, esta técnica é utilizada para identificar a estrutura local das nanopartículas com base na frequência vibracional das moléculas.

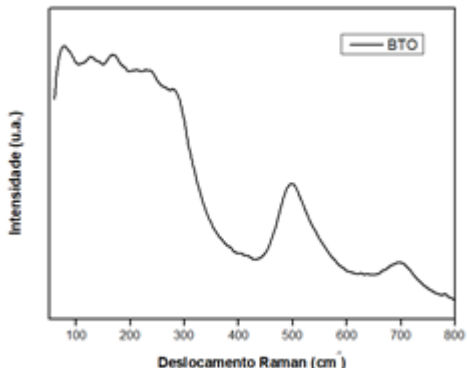


Figura 5: Curva do Raman do BTO

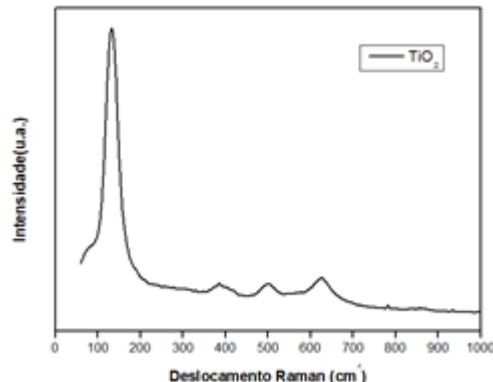


Figura 6: Curva do Raman do  $\text{TiO}_2$

Realizamos a deposição do  $\text{TiO}_2$  e obtivemos diversos filmes, com espessuras e concentrações diferentes, as figuras a seguir mostram alguns destes filmes obtidos.

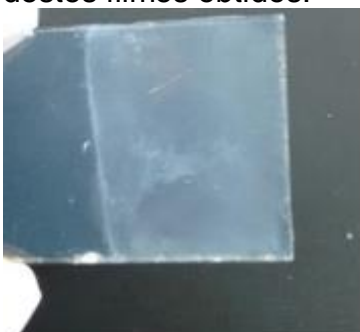


Figura 7: Filme de  $\text{TiO}_2$



Figura 8: Filme de  $\text{TiO}_2$



Figura 9: Filme de  $\text{TiO}_2$

O filme formado pela Figura 7 é quase inexistente, ouve pouca deposição do material no substrato. Já na Figura 8 ouve uma melhora significativa na deposição do  $TiO_2$ , no entanto formou ilhas tornando assim o filme com acúmulos do composto, impossibilitando a utilização do mesmo. O filme formado pela Figura 9 é considerado mais homogêneo que o anterior, mas neste caso há um grande acúmulo nas bordas do substrato, com isso também impossibilita seu uso.

Como precisamos de um filme fino e homogêneo. Depositamos filmes mais finos de modo a aumentar a homogeneidade, sintetizado pelo método sol-gel. A imagem abaixo mostra o filme de  $TiO_2$  através do microscópio:

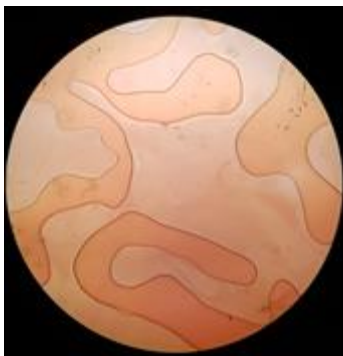


Figura 10: Filme de  $TiO_2$ , sintetizado por sol-gel

Como mostra a Figura 10, o filme formado possui ilhas do composto no substrato, as ilhas mostram onde ocorreu a deposição do material, como pode-se perceber o filme ainda não se encontra homogêneo sobre o substrato.

#### 4. CONCLUSÕES

Por meio do DRX observamos que o BTO possui a fase cúbica esperada e o  $TiO_2$  a fase anatase tetragonal. Podemos notar, através das imagens das deposições, que os filmes obtidos através da deposição do  $TiO_2$  são promissores, no entanto precisam de aprimoramento. Visamos melhor a deposição para que haja um filme sem essas imperfeições. Entretanto os espectros de absorção de luz mostram-se muito adequados as nossas necessidades

Para continuar com o trabalho necessitamos obter um filme homogêneo de  $TiO_2$ , com este filme conseguiremos depositar o BTO e prosseguir com a montagem da célula solar, para fazer as medidas elétricas necessárias e de eficiência.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]AGNALDO, J. S. et al.  $TiO_2$  dye sensitized solar cells. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 77-84, 2006.

[2]ASGARI Moghaddam, Hatameh, and Mohammad Reza Mohammadi. " $TiO_2$ - $BaTiO_3$  nanocomposite for electron capture in dye-sensitized solar cells." Journal of the American Ceramic Society 100.5 (2017): 2144-2153.

[3]HUSSAIN, Sajad et al. Fabrication and photovoltaic characteristics of  $Cu_2O/TiO_2$  thin film heterojunction solar cell. Thin Solid Films, v. 522, p. 430-434, 2012.