

MELHORANDO EFICIÊNCIA DE CSSCs COM BASE NA TOPOGRAFIA DO FOTOÂNODO

LÁZARO COELHO NUNES¹; FENIKE SILVA DAS NEVES²; MARIO LUCIO MOREIRA³; PEDRO LOVATO GOMES JARDIM⁴

¹ Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – laazarocoelho@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – fenike01@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – mlucio3001@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – pedro.lovato@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido crescente a preocupação com o sistema energético no Brasil e no mundo. Isso ocorre uma vez que a principal fonte geradora de energia provém de fontes fósseis, que são um tipo de fonte esgotável e causadora de vários impactos ambientais. Logo, com o grande crescimento das populações, a demanda por energia elétrica também aumenta. Entretanto, é crucial assegurar que essa produção não cause impactos negativos ao meio ambiente, sendo realizada de forma sustentável (FIGUEIREDO, 2014).

O Brasil é um país que possui um imenso potencial na utilização de energia renovável. A alta radiação solar que o país recebe ao longo do ano favorece o uso da energia solar para geração de energia elétrica. Além disso, a partir da luz solar pode-se gerar eletricidade por meio do efeito fotovoltaico, onde ocorre a conversão da luz solar diretamente em energia elétrica por meio de painéis solares.

Os painéis são categorizados em três gerações, que dependem do princípio de operação, das técnicas de fabricação e do tipo de materiais utilizados. As células solares mais comuns (primeira geração) no mercado são feitas de silício mono (m-Si) e policristalino (p-Si), que funcionam através da absorção de luz, separando elétrons (negativos) e buracos (positivos), gerando eletricidade, no entanto, essas células têm um alto custo de fabricação, são tóxicas e podem enfrentar problemas de escassez. As células de segunda geração, baseadas em silício amorfo e filmes finos, utilizam materiais fotovoltaicos aplicados sobre uma base rígida ou flexível, geralmente de vidro, plástico ou metal, elas utilizam menos material, porém seu custo e eficiência ainda são similares às da primeira geração. A terceira geração de células solares, com foco nas células solares sensibilizadas por corantes (CSSCs), é baseada em materiais orgânicos e processos que requerem menores custos, sendo sustentáveis e, se conseguirem atingir altos índices de eficiência, podem dominar o mercado fotovoltaico no futuro (BENDA; ČERNÁ, 2020; SHOCKLEY; QUEISSER. 2018; LUDIN; et al, 2014; TRACTZ; et al, 2020).

Células solares sensibilizadas por corante (CSSCs, ou DSSC, do inglês Dye Sensitized Solar Cells) pertencem ao grupo de células híbridas, compreendendo em sua composição materiais orgânicos e inorgânicos, nessa célula solar, um suporte contendo um fotoeletrodo e contra-eletrodo, sendo feitas de material abundante na natureza e por terem um custo razoável comparada as outras gerações (HENDI, et al., 2023).

A parte do ânodo é constituída por um óxido condutor transparente (TCO), no qual é depositado um filme semicondutor; geralmente, o óxido semicondutor mais utilizado é o TiO_2 . Este semicondutor é sensibilizado por um corante que geralmente são complexos de rutênio, preenchendo todas as áreas disponíveis. O

cátodo constitui a parte do eletrólito redox e a parte do contra-eletrodo, este no qual tem platina depositada sobre um óxido de estanho dopado com flúor (FTO). O eletrólito pode estar em estado líquido, sólido ou semissólido, o material mais comum usado é o par redox iodeto-tri-iodeto. Ele serve como meio para o transporte de elétrons entre o contraeletrodo e o corante, promovendo assim a regeneração do corante. Desse modo, forma-se um ciclo de injeção/regeneração de cargas, promovendo a formação de uma fotocorrente (NAZEERUDDIN et al., 2011; TRACTZ et al., 2019; TRACTZ et al., 2020; TRACTZ et al., 2021). Esse tipo de célula foi primeiramente verificado por Michael Grätzel e Brian O'Regan em 1991, os quais apontaram características baseadas em sistemas fotovoltaicos (O'REGAN; GRÄTZEL, 1991). Contudo, alguns parâmetros dessas células ainda necessitam de aprimoramento para otimizar sua conversão energética. Isso inclui a redução da recombinação de carga, que ocorre entre o eletrólito e o eletrodo FTO, bem como a resolução de problemas de vazamentos durante a selagem da célula, a estabilidade do corante, o controle da espessura e porosidade do semicondutor, a prevenção da corrosão do contra-eletrodo e o enfrentamento de fatores ambientais como temperatura e umidade. Assim, o trabalho atual vai investigar técnicas de síntese, caracterização e deposição nas CSSCs, visando otimizar sua eficiência energética.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento da parte metodológica foi organizado da seguinte forma:

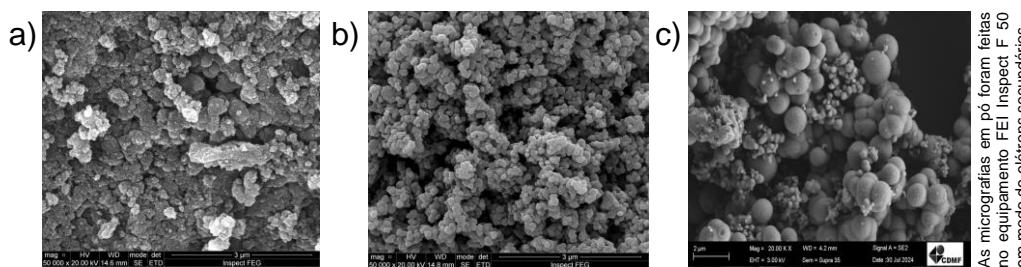
1. Síntese do TiO_2 pelo método Solvotermal Assistido por Micro-ondas (SAM).
2. Caracterizações do pó sintetizado e do TiO_2 anatase comercial.
3. Construção da célula solar sensibilizada por corante (CSSC).

O TiO_2 preparado pelo método SAM tem vantagens comparados a outras técnicas de síntese, pois por meio do SAM conseguimos uma reação mais rápida, assim como uma taxa de aquecimento controlada com patamares precisos, o que nos permite alteração das propriedades físico-químicas das nanopartículas de TiO_2 , resultando em melhores eficiências photocatalíticas por causa da uniformidade e distribuição de grãos regulares no material (MOURA et al., 2014. XU; XU; WANG, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Fig. 1: Imagens de MEV de TiO_2 , a) síntese de 15 min e secagem 24 horas, b) TiO_2 Anatase Comercial, c) síntese de 1 hora e secagem 24 horas.

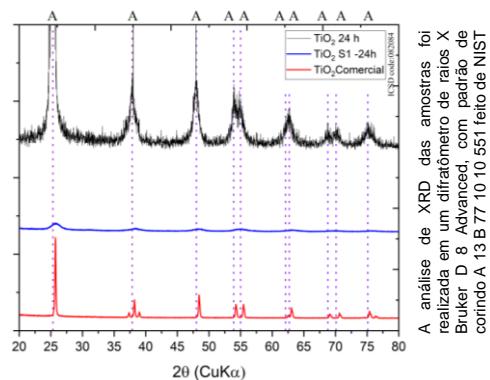


As micrografias em pó foram feitas no equipamento FEI Inspect F 50 em modo de elétrons secundários.

Fonte: Próprio autor.

- **Padrões de difração de raios-X**

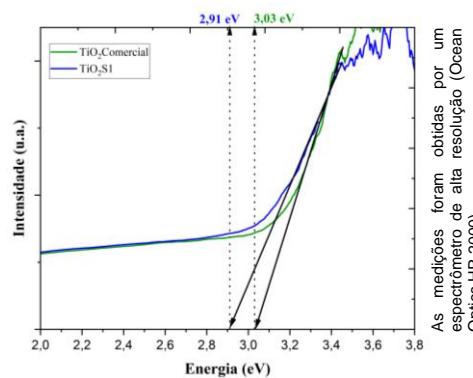
Fig. 3: Difratograma de TiO_2 pelo sintetizado e TiO_2 comercial



Fonte: Próprio autor.

- **Band-gap**

Fig. 3: Energia de Band-gap das amostras de TiO_2 .



Fonte: Próprio autor.

A Fig. 1 nos mostra as imagens do MEV para os pós de TiO_2 . A partir da Fig. 1(a) percebemos um aglomerado de nanopartículas quase esféricas, isso é devido ao processo rápido de reação causado pelo método SAM (WANG et. Al, 2015). A Fig. 1(b) percebemos o formato esférico das nanopartículas do pó comercial, o que é esperado para o material, a Fig. 1(c) que é TiO_2 sintetizado pelo método Solvotermal assistido por micro-ondas durante uma rampa de aquecimento de 1 hora e 20 minutos, percebe-se o formato esférico e nanopartículas mais dispersas devido uma reação mais lenta que ocorreu no método de micro-ondas, indicando que esse método de síntese tem grande influência na morfologia dos materiais (MOURA et. al, 2014).

Conforme a Fig. 2, o difratograma nos mostra que para segunda síntese TiO_2 24h e para o pó comercial, temos nanopartículas de TiO_2 com fase anatase tetragonal, com picos bem definidos em 2θ correspondentes aos planos cristalinos (101), (004), (200), (105), (211), (204), (215) e (220) como comparado a ficha (ICSD nº 82084). Em relação a TiO_2 S1-24h não tivemos picos cristalinos intensos, o que nos mostra que o material ainda está na fase amorfa em sua estrutura.

A Fig.3 nos mostra a gap de energia do TiO_2 S1 e do dióxido de titânio comercial, sendo obtido através do método Kubelka-Munk e Tauc do gráfico da refletância, onde temos valores de 2,91 eV para TiO_2 S1 e 3,03 eV, para TiO_2 comercial que se aproxima do encontrado na literatura (GIOVANNETTI et al., 2015).

4. CONCLUSÕES

. Espera-se que o TiO₂ sintetizado nos permita a obtenção de filmes com propriedades morfológicas, topográficas e elétricas com melhores parâmetros na aplicação de CSSCs. Em breve, novas caracterizações morfológicas, topográficas, ópticas e elétricas dos pós, filmes e da DSSC serão realizadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENDA, V.; ČERNÁ, L. PV cells and modules – State of the art, limits and trends. **Heliyon**, v. 6, n. 12, 2020.
- FIGUEIREDO, F. S. Geração e transmissão de energia elétrica: um olhar pela sustentabilidade. **UEPB**, Campina Grande-PB, 22p., 2014.
- GIOVANNETTI, R.; MARGARITIS, A.; NEZAMZADEH-EJHIEH, A.; SAVIO, M.; SKORDAKI, S.; GINIS, V. Visible light photoactivity of polypropylene coated nano-TiO₂ for dyes degradation in water. **Scientific Reports**, Nature Publishing Group, v. 5, 2015.
- HENDI, A. A.; ABDALLA, M. A.; AL-MAZROUEI, M. Dye-sensitized solar cells constructed using titanium oxide nanoparticles and green dyes as photosensitizers. **Journal of King Saud University-Science**, v. 35, n. 3, p. 102555, 2023.
- LUDIN, N. A.; ALIYANDRA, A.; TEO, P. S.; IBRAHIM, M. A. H. Review on the development of natural dye photosensitizer for dye-sensitized solar cells. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 386-396, 2014.
- MOURA, K.; SOUZA, D. C.; LIMA, R. S.; LIMA, A. S. TiO₂ synthesized by microwave assisted solvothermal method: Experimental and theoretical evaluation. **Journal of Solid State Chemistry**, Elsevier, v. 210, n. 1, p. 171–177, 2014.
- NAZEERUDDIN, M. K.; BARANOFF, E.; GRÄTZEL, M. Dye-sensitized solar cells: A brief overview. **Solar Energy**, v. 85, n. 6, p. 1172-1178, 2011.
- O'REGAN, B.; GRÄTZEL, M. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. **Nature**, [s.l.], v. 353, n. 6346, p. 737-740, out. 1991. Springer Nature. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/353737a0>.
- HOCKLEY, W.; QUEISSER, H. J. Detailed balance limit of efficiency of p–n junction solar cells. In: BARBOSA, J. M. (Ed.) **Renewable Energy**. Routledge, 2018. Cap. 2, p. Vol2_35-Vol.2, pg. 54.
- TRACTZ, G. T.; SILVA, L. G.; BOSCHEN, N. L.; RODRIGUES, P. R. P. Recombination study of dye sensitized solar cells with natural extracts. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, p. 371-378, 2019.
- TRACTZ, G. T.; BOSCHEN, N. L.; RODRIGUES, P. R. P. Síntese e aplicação de TiO₂ em células solares: uma análise da proporção de isopropóxido de titânio. **Cerâmica**, v. 67, n. 381, p. 83–89, jan. 2021.
- TRACTZ, G. T.; LEÃO, F. S.; SILVA, L. G.; MOTA, D. M. Células solares sensibilizadas por corante: perspectivas, materiais, funcionamento e técnicas de caracterização. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 3, 2020.
- WANG, X.; ZHANG, L.; SUN, Q.; LIU, H.; ZHAO, J. Rapid construction of TiO₂ aggregates using microwave assisted synthesis and its application for dye-sensitized solar cells. **RSC Advances**, v. 5, n. 12, p. 8622-8629, 2015.
- XU, L.; XU, H. Y.; WANG, H. A simple and rapid synthetic route to nanocrystalline TiO₂ by microwave irradiation. **Advanced Materials Research**, Trans Tech Publications, v. 583, p. 354–357, 2012.