

## DESENVOLVIMENTO DE NOVOS CONVERSORES ESPECTRAIS PARA CÉLULAS SOLARES HÍBRIDAS DE ALTO DESEMPENHO – Fase II

Isabella Martins (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Vitor Santaella Zanuto (Coorientador), Mauro Luciano Baesso (Orientador), E-mail: mlbaesso@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR.

### Física / Física da Matéria Condensada.

**Palavras-chaves:** Conversão descendente, Titânio trivalente, transferência de energia.

### RESUMO

Este trabalho dá sequência ao projeto “*Desenvolvimento de novos conversores para células solares híbridas de alto desempenho – Fase I*”, no qual foram sintetizados vidros LSCAS dopados com 1% em massa de  $\text{TiO}_2$  em diferentes tempos de fusão, e a mesma matriz vítrea co-dopada com  $\text{TiO}_2$  e  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  com diferentes concentrações de  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ . O objetivo dessa fase do projeto foi prosseguir com o desenvolvimento de um conversor espectral utilizando vidros LSCAS co-dopados com  $\text{TiO}_2$  e  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ . Nessa fase, foram realizadas medidas de luminescência utilizando o comprimento de onda de 325 nm como excitação. Com esse comprimento de onda observou-se a emissão do Itérbio ao excitar o Titânio, indicando a transferência de energia entre o  $\text{Ti}^{3+}$  e o  $\text{Yb}^{3+}$ . Medidas de decaimento radiativo confirmaram essa transferência pela diminuição do tempo de vida do  $\text{Ti}^{3+}$ .

### Introdução

A luz solar que incide sobre a Terra fornece cerca de 10.000 vezes mais energia do que o montante que consumimos. A maior parte dessa energia é desperdiçada, não sendo convertida em energia elétrica. Assim, é fundamental que encontremos formas para melhor utilizar a energia solar (BELANÇON, M.P. et al., 2023 e BENTO, A. C. et al., 2022).

Os conversores fotovoltaicos vieram para melhorar essa perspectiva, no entanto, sua maior limitação é a sua insensibilidade a algumas regiões do espectro solar. Dado que a distribuição espectral da luz solar consiste em fótons com amplos comprimentos de onda que variam do ultravioleta ao infravermelho. As células

solares utilizam somente uma pequena parte desses fótons, pois a absorção deles depende exclusivamente do material do conversor, pois cada material responde aos fótons com energia correspondente à energia necessária para excitar um elétron na banda de valência para um estado na banda de condução, chamado energia de *bandgap*. Dessa forma, somente os fótons com energia superior a esse *bandgap* são absorvidos. Os fótons não absorvidos equivalem a uma perda significativa de energia (TANIGUCHI, M. M., et al. 2019).

Tal perda pode ser minimizada utilizando materiais que absorvem esses fótons desprezados e emitem outros fótons com energia mais condizentes com a absorção da célula solar. Aqui propomos o estudo de vidros LSCAS co-dopados com  $\text{TiO}_2$  e o  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  para o desenvolvimento de conversores espectrais de células solares. Devido a co-dopagem, o  $\text{Ti}^{3+}$  consegue absorver radiação solar, e através da transferência de energia entre os íons, induz a emissão do  $\text{Yb}^{3+}$  na região espectral de 980-1030 nm, justamente onde a célula solar possui melhor resposta de fotoconversão, podendo resultar no aumento de sua eficiência.

## Materiais e Métodos

Foram sintetizados vidros LSCAS co-dopados com uma quantidade fixa de 1% (em massa) de  $\text{TiO}_2$ , e com diferentes quantidades de  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ , sendo elas, 0,5, 1, 2 e 4% em forno à vácuo com cadinho e resistência de grafite (BENTO, A.C. et al, 2022). Primeiramente, foram feitas medidas de absorção em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-3600i Plus; em seguida, medidas de luminescência em arranjo montado em nossos laboratórios, para assim, obter informações a respeito da emissão dos íons  $\text{Ti}^{3+}$  e  $\text{Yb}^{3+}$ , quando excitados por uma fonte externa de radiação. Neste caso, foi utilizando um laser de He-Cd sintonizado em 325 nm. Essas medidas foram realizadas monitorando a emissão nas regiões espectral do infravermelho, onde o Itérbio emite.

Além das medidas de luminescência, foram feitas medidas de tempo de vida, também em nosso arranjo experimental.

## Resultados e Discussão

A Figura 1.a traz os espectros de absorção óptica para as amostras utilizadas. São observadas as bandas de absorção referentes ao  $\text{Ti}^{3+}$  entre 325 e 800 nm, e as bandas de absorção referentes ao  $\text{Yb}^{3+}$  entre 860 e 1050 nm. Observa-se que a banda de  $\text{Ti}^{3+}$  mantém-se inalterada uma vez que todas tem 1% de  $\text{TiO}_2$ , enquanto a banda de absorção do  $\text{Yb}^{3+}$  aumenta com seu aumento de concentração.

A Figura 1.b mostra o espectro de emissão no infravermelho das amostras. Tal emissão é característica do  $\text{Yb}^{3+}$ , no entanto, foi obtida sob a excitação em 325 nm que é uma banda de absorção do  $\text{Ti}^{3+}$ , assim, é proposto que haja a transferência de energia do  $\text{Ti}^{3+}$  para o  $\text{Yb}^{3+}$ , seguida de emissão pelo  $\text{Yb}^{3+}$ .

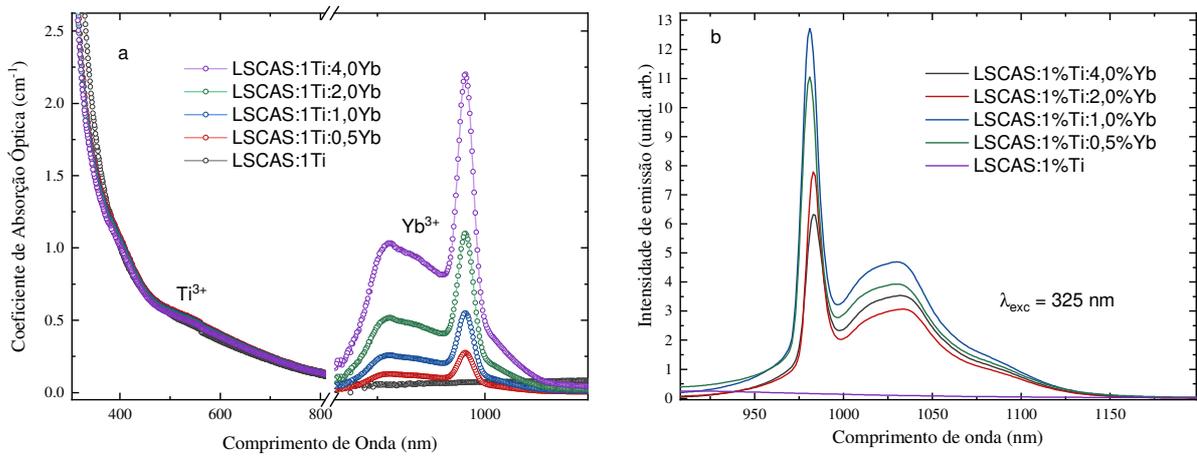


Figura 1: a) Espectro de coeficiente de absorção óptica das amostras, b) espectro de emissão no infravermelho sob excitação de 325 nm.

A técnica de Decaimento Radiativo foi utilizada para confirmar tal transferência. A Figura 2.a apresenta as curvas de decaimento radiativo para as amostras quando excitado o  $\text{Ti}^{3+}$ , e monitorado a própria emissão do  $\text{Ti}^{3+}$ . Nessas curvas observa-se que com o acréscimo de  $\text{Yb}^{3+}$  há um decaimento mais rápido, o que confirma a transferência de energia.

A Figura 2.b apresenta as curvas de decaimento radiativo para as amostras quando excitado o  $\text{Ti}^{3+}$ , no entanto, é monitorada a emissão do  $\text{Yb}^{3+}$ . Nessas curvas observa-se uma pequena variação da velocidade de decaimento com o acréscimo de  $\text{Yb}^{3+}$ , ou seja, o  $\text{Yb}^{3+}$  não está apresentando uma perda significativa de sua emissão para outros processos não-radiativos, mantendo sua alta eficiência de emissão.

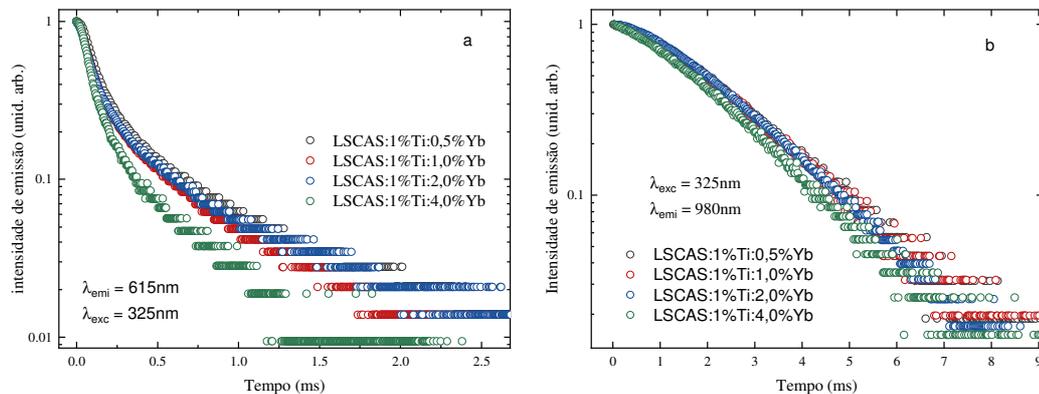


Figura 2: a) Espectro de coeficiente de absorção óptica das amostras, b) espectro de emissão no infravermelho sob excitação de 325 nm.

## Conclusão

Foram estudados vidros LSCAS co-dopados com  $Ti^{3+}$  e  $Yb^{3+}$ , como possível conversor espectral. Foi observada a transferência de energia do íon absorvedor ( $Ti^{3+}$ ) para o íon aceitador/emissor ( $Yb^{3+}$ ) por espectroscopia de luminescência e confirmada pela técnica de decaimento radiativo. São resultados promissores que agora precisam passar para análises de eficiência de conversão.

## Agradecimentos

Ao Comcap, Finep, CNPq, Fundação Araucária e à UEM pelo auxílio financeiro para a realização deste projeto.

## Referências

- BELANÇON, M. P., et al. Glassy materials for Silicon-based solar panels: Present and future. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 619, 122548, 2023.
- BENTO, A. C., et al. Photoacoustic and photothermal and the photovoltaic efficiency of solar cells: A tutorial, **Journal of Applied Physics**, v.131, 141101, 2022.
- TANIGUCHI, M. M., et al. Glass engineering to enhance Si solar cells: A case study of  $Pr^{3+}$  -  $Yb^{3+}$  codoped tellurite-tungstate as spectral converter. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 526, 119717, 2019.