

# **RESSALVA**

Atendendo solicitação do(a) autor(a),  
o texto completo deste documento  
será disponibilizado somente a partir  
de 01/01/2026.

**JULIANE RESGES ORIVES**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES FAMÍLIAS DE VIDROS E  
VITRO-CERÂMICAS (ÓXIDOS, FOSFATOS E FLUORETOS) COM  
PROPRIEDADES MAGNÉTICAS**

Relatório de Pós-doutorado realizado na  
Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Instituto de Química, Câmpus Araraquara.

Supervisor: Prof. Dr. Marcelo Nalin

FAPESP- 2019/19609-1

Araraquara

2024

Instituto de Química – UNESP - Araraquara  
Departamento de Química Geral e Inorgânica

### **RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES**

**Título: Síntese e caracterização de diferentes famílias de vidros e vitro-cerâmicas (óxidos, fosfatos e fluoretos) com propriedades magnéticas.**

Bolsa de pós Doutorado – FAPESP processo 2019/19609-1

Período de vigência do projeto: 01-11-2019 a 31/07/2024

/Período coberto pelo relatório científico: 01/11/2021 a 30/07/2024 (sendo que de 01/05/22 a 30/04/22 corresponde ao período do BEPE)



**Bolsista: Dra. Juliane Resges Orives**



**Supervisor: Prof. Dr. Marcelo Nalin**

Araraquara – Julho 2024

## 1- Visão geral do projeto

Os vidros têm uma história única e um papel importante no desenvolvimento de novos materiais que mudaram e continuam mudando a sociedade e estão amplamente presentes em aplicações de alta tecnologia.<sup>1-3</sup> O desenvolvimento de novas composições de vidro com propriedades especiais é essencial para enfrentar os principais desafios atuais em aplicações como armazenamento de energia, sistemas de comunicação avançados e dispositivos magneto-ópticos, sensores operando no infravermelho.<sup>3</sup>

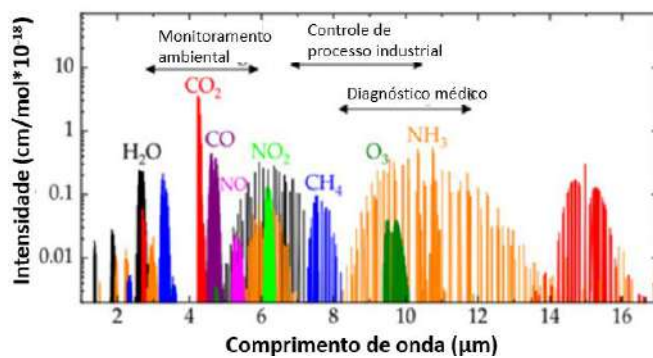
Uma classe interessante de vidros que vem se destacando nos últimos anos são os chamados vidros magnéticos e magneto-ópticos, esses materiais possuem propriedades que podem ser moduladas pela aplicação de um campo magnético, como por exemplo o efeito Faraday no qual a luz transmitida é elipticamente polarizada com seu longo eixo girando em relação à direção do plano de polarização da onda incidente.<sup>4-7</sup> Esses vidros têm despertado o interesse de pesquisadores ao redor do mundo, e muitos trabalhos, tanto do ponto de vista fundamental como de aplicações estão se tornando comuns na literatura.<sup>6,7</sup>

Os efeitos magneto-ópticos são mais pronunciados nos cristais, mas a grande dificuldade em preparar monocristais com dimensões práticas limita seu uso em dispositivos fotônicos. Uma maneira interessante de contornar este problema é a simbiose entre vidro e cristais magnéticos em um único material.

A síntese de novas composições de vidro, bem como a compreensão sobre a química de sua formação, nos permite a obtenção de composições onde a formação de cristais na fase vítrea pode ser controlada. Os cristais do tipo granada com fórmula geral  $TR_3Ga_5O_{12}$  (TRGG onde TR = terras raras) têm importantes propriedades fundamentais e tecnológicas, dentre eles o composto mais conhecido é a granada de térbio e gálio (TGG), usado como cristal magneto-óptico em dispositivos para a detecção de campos eletromagnéticos, dispositivos de rotação de Faraday, etc.<sup>7-9</sup> Além do Tb, os íons Gd, Ho e Dy também apresentam propriedades magnéticas. O crescimento da fase cristalina de TRGG dentro de uma matriz vítrea, sem comprometer as propriedades ópticas, é uma tarefa complicada. O principal desafio é obter um vidro homogêneo e transparente com íons ativos dentro da fase cristalina.

Além das propriedades magnéticas os vidros à base de óxidos de metais pesados, dependendo da composição química, podem apresentar uma janela de transmissão que pode se estender até 6-7  $\mu m$  e possui altos valores de índice de refração. Além disso, a possibilidade de dopagem dos vidros com íons terras raras ativos nesta região espectral, como por exemplo o Dy, Ho, Gd, Tb promove o casamento ideal para a obtenção de dispositivos com potencial para uso em detectores na região do infravermelho médio para detecção de gases de efeito estufa,<sup>10</sup> uma vez que suas identidades vibracionais, ou seja, suas absorções de energia estão localizadas na região de 2 a 8  $\mu m$  (Figura 1).

Devido a imensa possibilidade de aplicações dos vidros de metais pesados contendo cristais de  $TR_3Ga_5O_{12}$ , a importância da obtenção de vitrocerâmicas contendo terras raras fica evidente, além disso é importante ter controle sobre o tamanho dos cristais formados e sobre a reprodutibilidade dos materiais obtidos. Além de podermos explorar as propriedades das vitrocerâmicas existe também a possibilidade da retirada dos cristais da matriz vítrea o que gera uma nova gama de aplicações.



**Figura 1** - Diferentes moléculas e suas respectivas absorções na região do infravermelho médio. (adaptado de 11)

## Referências

- 1- Mauro, J. C.; Zanotto, E. D. *International Journal of Applied Glass Science*, 5 (2014) 313–327.
- 2- Zanotto, E. D.; Mauro, J. C. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 471 (2017) 490–495.
- 3- Morse, D. L.; EVenson, J. W. *International Journal of Applied Glass Science*, 4 (2016) 409.
- 4- Mo, X. Z. et al. *Journal of Alloys and Compounds*, 658 (2016) 967-972.
- 5- Shen, Y. et al. *Optik*, 127 (2016) 2069-2073.
- 6- Faraday, M. *Transactions of the Royal Society of London*, 5 (1846) 592.
- 7- Munin, E.; Roversi, J. A.; Villaverde, B. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 25 (1992) 1635-1639.
- 8- Souza, A. E. et al. *Journal of Alloys and Compounds*, 864 (2021) 158804.
- 9-Franco, F. D. et al. *Journal of Materials Research and Technology*, 11 (2021) 312-327.
- 10-F, Starecki. et al. *Sensors and Actuators A: Physical*, 207 (2015) 518-525.
- 11-Su, X et al. *Photonics*, 9 (2022) 372.
- 12- Chani, V. I. et al. *Journal of Crystal Growth*, 210 (2000) 663.
- 13- Feng Y. et al. *Optics Letters*, 13 (2015) 031602.
- 14- Sawada, K.; Adachi, S *Journal of Luminescence*,16 (2015)138.
- 15- Chen, Z. et al. *Optical Materials*, 46, 12 (2015).
- 16- Tsidaeva, N. I. et al. *IEEE Transactions on Magnetics*, 50 (2014) 1001704.
- 17-Varshineya, A. K.; *Fundamental of Inorganic Glasses*, Academic Press Inc.: San Diego, 1994.
- 18- Sontakke, A. D.; Biswas, K.; Annapurna, K. *Journal of Luminescence*, 129, (2009) 1347-1355.
- 19- Cai, M. et al. *Optical Materials Express*, 5, (2015) 1431-1439.
- 20- Rao, H. V., et al. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Volume 188, 2018, Pages 516-524,
- 21- Sawada, K.; Nakamura, T.; Adachi,S. *Journal of Applied Physics*, 120 (2016)143102.
- 22- Middletona, R. C.; Muthua, D.V.S.; Kruger, M. B. *Solid State Communications*, 148 (2008) 310–313.
- 23- Monteseguro, V. et al. *The Journal of Physical Chemistry C*, 118 (2014) 13177-13185.
- 24- Sales, T.O. et al. *Journal of Luminescence*, 205 (2019) 282-286.