

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN

**F 530 – INSTRUMENTAÇÃO I**  
**RELATÓRIO FINAL**

Medidas de Tempo de vida das transições  
 ${}^5D_4 - {}^7F_J$  do  $Tb^{3+}$  em a-SiN:H



Orientador:

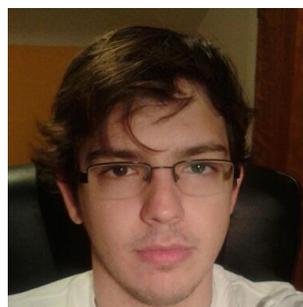
Prof. Dr. Leandro Russovski Tessler

<http://portal.ifi.unicamp.br/pessoas/corpo-docente/302-273>



Aluno:

Leandro Aparecido Doriguelo  
leandro.doriguelo(arroba)gmail.com



Auxílio laboratorial:

Giacomino Ferreira Bosco

*Coordenador:* Prof. José Joaquim Lunazzi

## RESUMO

Neste trabalho realizou-se o processo para a obtenção de tempo de vida do íon de Térbio, para isso foram feitas diversas montagens otimizando o processo, até que se chegasse na montagem que será descrita neste relatório. É importante ressaltar que até o momento não foi possível coletar o tempo de vida das emissões do Térbio, mas para um efeito didático será feita a análise do tempo de vida das emissões de um papel. Todo trabalho foi realizado no Laboratório 94, do Departamento de Física Aplicada (DFA), IFGW, UNICAMP.

## INTRODUÇÃO

Transições eletrônicas ocorrem quando elétrons mudam de um estado quântico para outro. Elas são em geral associadas à emissão ou absorção de fótons com energia  $E = h\nu$  igual a diferença de energia dos níveis eletrônicos.

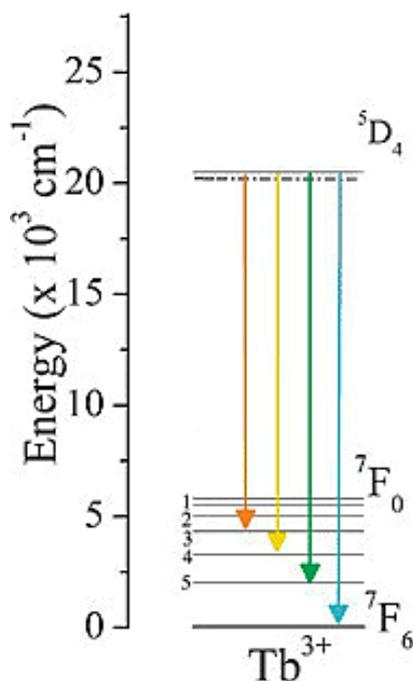


Figura 1: Esquema dos níveis energéticos do  $Tb^{3+}$

Adaptado de: *Up-conversion properties of lanthanide-organic frameworks and how to track ammunitions using these materials*<sup>[1]</sup>.

O  $Tb^{3+}$  apresenta transições eletrônicas entre níveis dos elétrons de valência 4f. Esses elétrons são internos no sentido que não participam das ligações químicas que envolvem os elétrons 6s. Este trabalho tem como objetivo medir o tempo de vida de emissão em transições eletrônicas entre o nível  $^5D_4$  para os níveis  $^7F_6$ ,  $^7F_5$ ,  $^7F_4$ ,  $^7F_3$  do íon

Tb<sup>3+</sup> diluídos em filmes finos de nitreto de silício amorfo hidrogenado. Estas transições emitem fótons com comprimentos de onda de 488nm (2,54eV), 543nm (2,28eV), 590nm (2,10eV) e 621nm (2,00eV), ou seja, dentro do espectro visível.

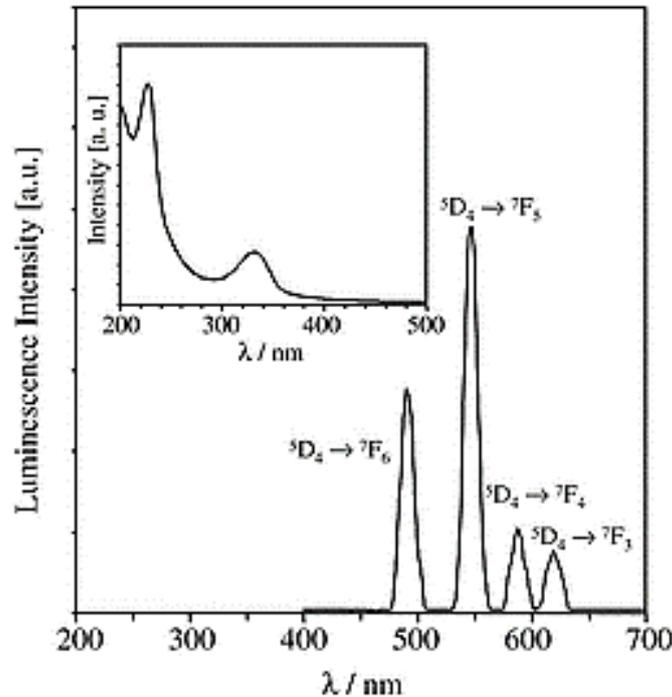


Figura 2: Espectro da emissão do Tb<sup>3+</sup>

Fonte: Quantum chemistry-based interpretations on the lowest triplet state of luminescent lanthanides complexes. Part 1. Relation between the triplet state energy of hydroxamate complexes and their luminescence properties [2].

Através de uma excitação por onda pulsada podemos obter uma densidade não estacionária de estados excitados que decaem até o estado fundamental através de processos radioativos (emissão de luz) e não radioativos nos dando um sinal de intensidade dependente do tempo que segue a regra geral  $\frac{dN(t)}{dt} = -A_T N(t)$ , onde  $A_T$  é a taxa de decaimento total (radioativo e não radioativo). O processo de decaimento pode ser observado experimentalmente através da análise temporal da intensidade luminosa emitida pela amostra, uma vez que esta também é dependente da densidade de estados decaindo por unidade de tempo, reescrevendo a regra geral anterior, temos:

$$I_{em}(t) = I_0 e^{-A_T t}$$

A equação acima corresponde a lei de decaimento da intensidade emitida, com o tempo de vida dado por  $\tau = \frac{1}{A_T}$ , este tempo de vida representa o tempo necessário para a intensidade emitida decair pra  $\frac{I_0}{e}$  e pode ser obtido através do coeficiente angular do gráfico  $\log(I) \times \tau$ .

## OBJETIVO

Este projeto teve como objetivo medir o tempo de vida das transições eletrônicas do íon  $Tb^{3+}$ . Conhecendo os tempos de vida das transições eletrônicas pode-se obter informações sobre mecanismos de excitação e recombinação não radiativa do íon.

## METODOLOGIA

Para realizar as medidas de tempo de vida das transições eletrônicas do  $Tb^{3+}$  foi utilizada a montagem da Figura 3, a mesma montagem está esquematizada na Figura 4.

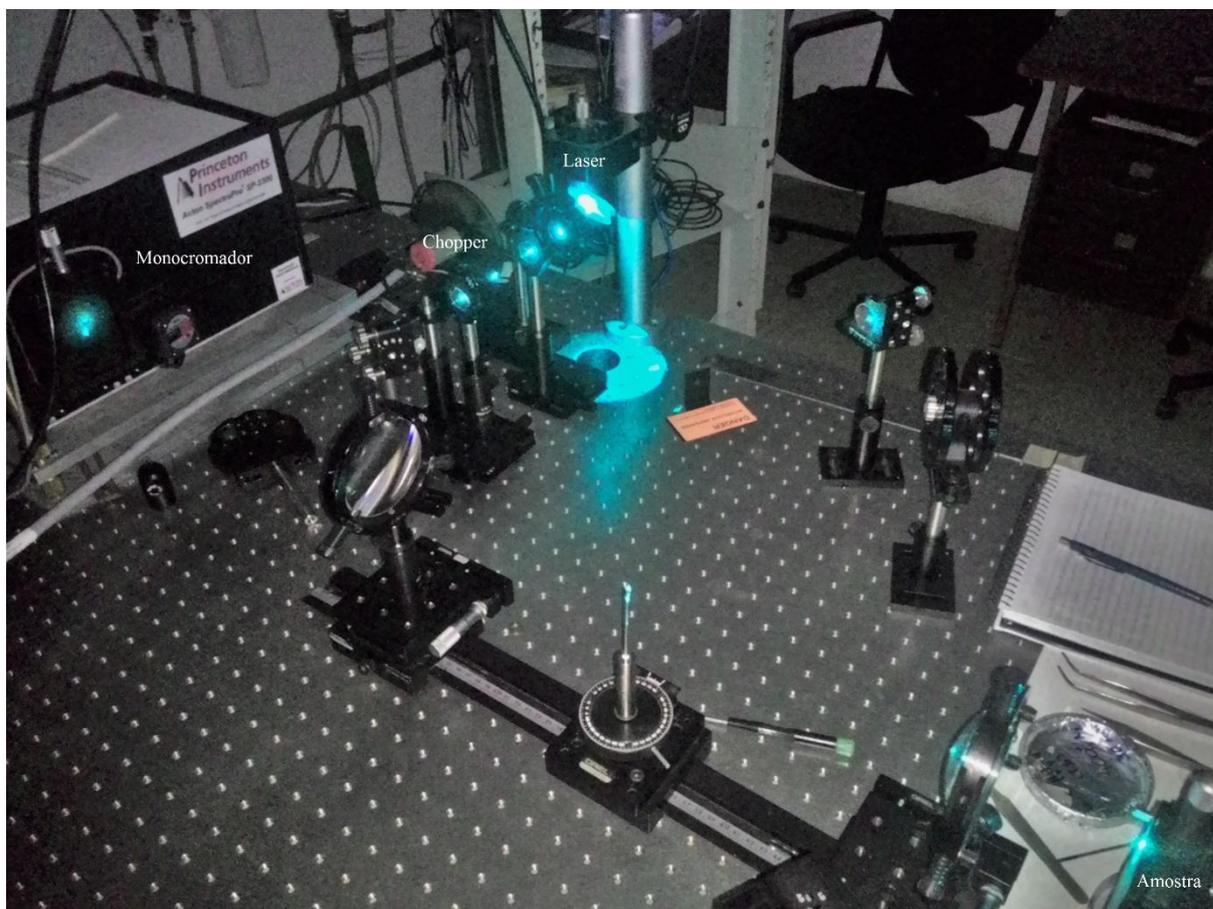


Figura 3: Foto da montagem durante o processo de obtenção de tempo de vida.

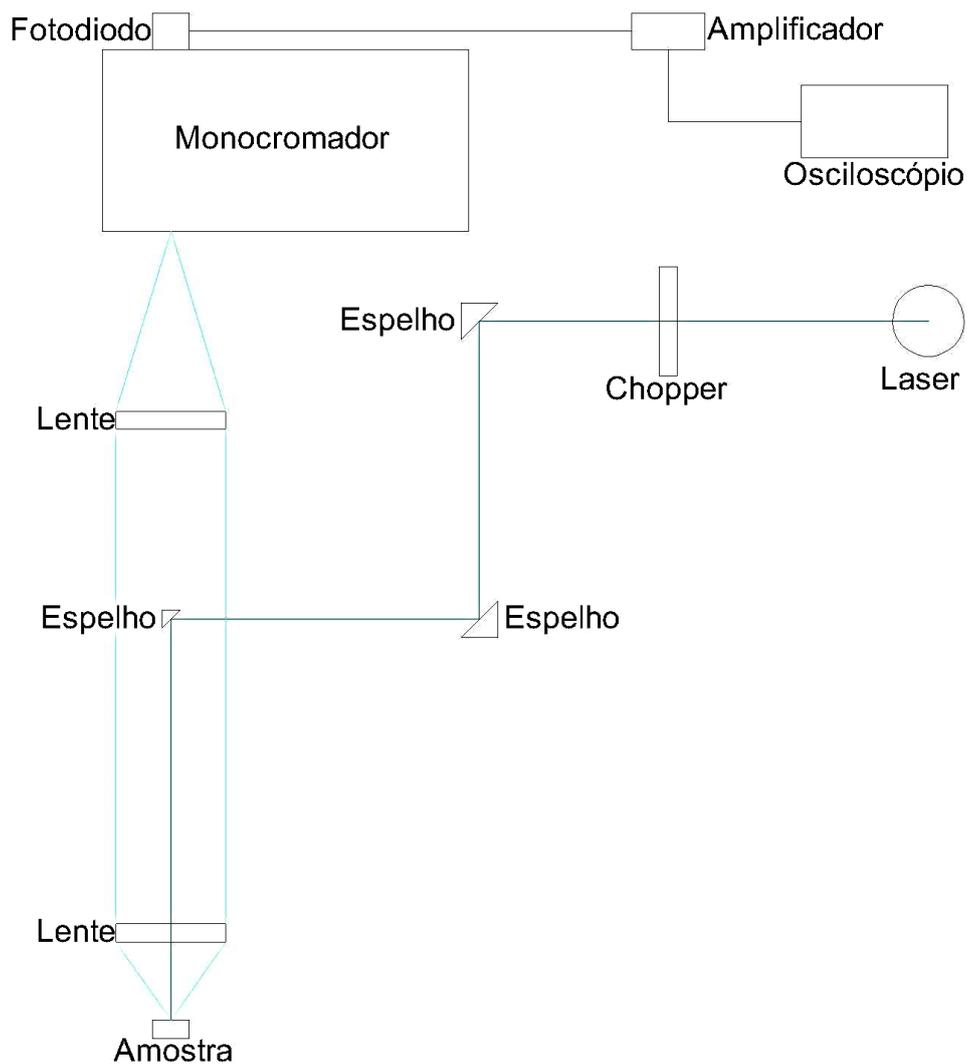


Figura 4: Desenho esquemático da montagem realizada no laboratório

Os componentes utilizados na montagem estão esquematizados na Tabela 1.

Tabela 1: Lista dos componentes usados na montagem.

Componente	Marca	Modelo
Laser de Argônio	Lexel	3500
Chopper	Scitec Inst	300CD
Lente 1		f/1.0
Lente 2		f/4.7
Monocromador	Princeton Inst	SpectraPro 2300i
Fotodiodo	Newport	818-BB-21
Osciloscópio	Tecktronix	TDS 654 C

Para visualizar as emissões das transições eletrônicas do  $Tb^{3+}$  é preciso modular o laser para que este incida na amostra de forma pulsada podendo assim gerar uma densidade não estacionária de estados excitados. Para a excitação das amostras foi utilizado um laser de Argônio emitindo em  $488nm$  modulado por um *chopper* à  $500Hz$ , frequência esta que determina o número de pulsos por segundo que incide na amostra (como pode ser visto na Figura 2, este comprimento de onda é ressonante com a transição  $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$ , devido a isso é esperada intensa emissão).

Estes pulsos irão excitar os íons de  $Tb^{3+}$  cuja luminescência deverá ser observada a olho nu, uma vez que a emissão é no visível. As lentes focam a luz vinda da amostra na entrada do monocromador que transmite uma faixa estreita de comprimentos de onda para o fotodiodo cujo sinal, após amplificação, é enviado ao osciloscópio permitindo assim observar o decaimento da intensidade luminosa com o tempo.

## RESULTADOS

Mesmo excitando as amostras com laser de comprimento de onda ressonante não foi possível a medida do tempo de vida das transições do  $Tb^{3+}$  com os equipamentos presentes no laboratório. Entretanto, foi possível a confirmação de emissão de luz por parte das amostras com o auxílio de um espectrógrafo, contudo as intensidades destas emissões eram baixas ao ponto de não serem detectadas pelo fotodiodo. A atenuação da intensidade de emissão das amostras ocorrera devido a uma, não esperada, deterioração com o tempo.

Ainda que os resultados da proposta inicial não tenham sido alcançados a disciplina de instrumentação foi efetivamente produtiva para o aluno. Proporcionou uma experiência real de laboratório, onde não há um roteiro a ser seguido, mas um objetivo a ser alcançado, aprimorando a necessidade de sempre otimizar as montagens e o processo de detecção, indo de construir um amplificador de corrente para o fotodiodo a trabalhar com o espectrógrafo para verificar as emissões das amostras.

Para poder ter uma experiência com a análise de tempo de vida de emissões, foi feita uma medida do tempo de vida de emissões em  $530nm$  de um *post-it* branco excitado com laser de  $375nm$ , para isso foi necessário linearizar a equação que trata da queda exponencial de tensão em função do tempo  $\left[ (\Delta V = Ae^{-t/\tau}) \rightarrow (\ln(\Delta V) = \ln(A) - \frac{t}{\tau}) \right]$  e traçada uma curva de  $\ln(V) \times t$  que ao ser comparada com a equação da reta ( $y = a + bx$ ) pode-se associar os termos  $a$  e  $b$  da seguinte forma:

$$\ln(A) = a$$

$$-\frac{1}{\tau} = b$$

Porporcionando um erro associado ao tempo de resposta na forma:

$$\Delta\tau = \sqrt{\left(\frac{1}{b^2}\right)^2 (\Delta b)^2}$$

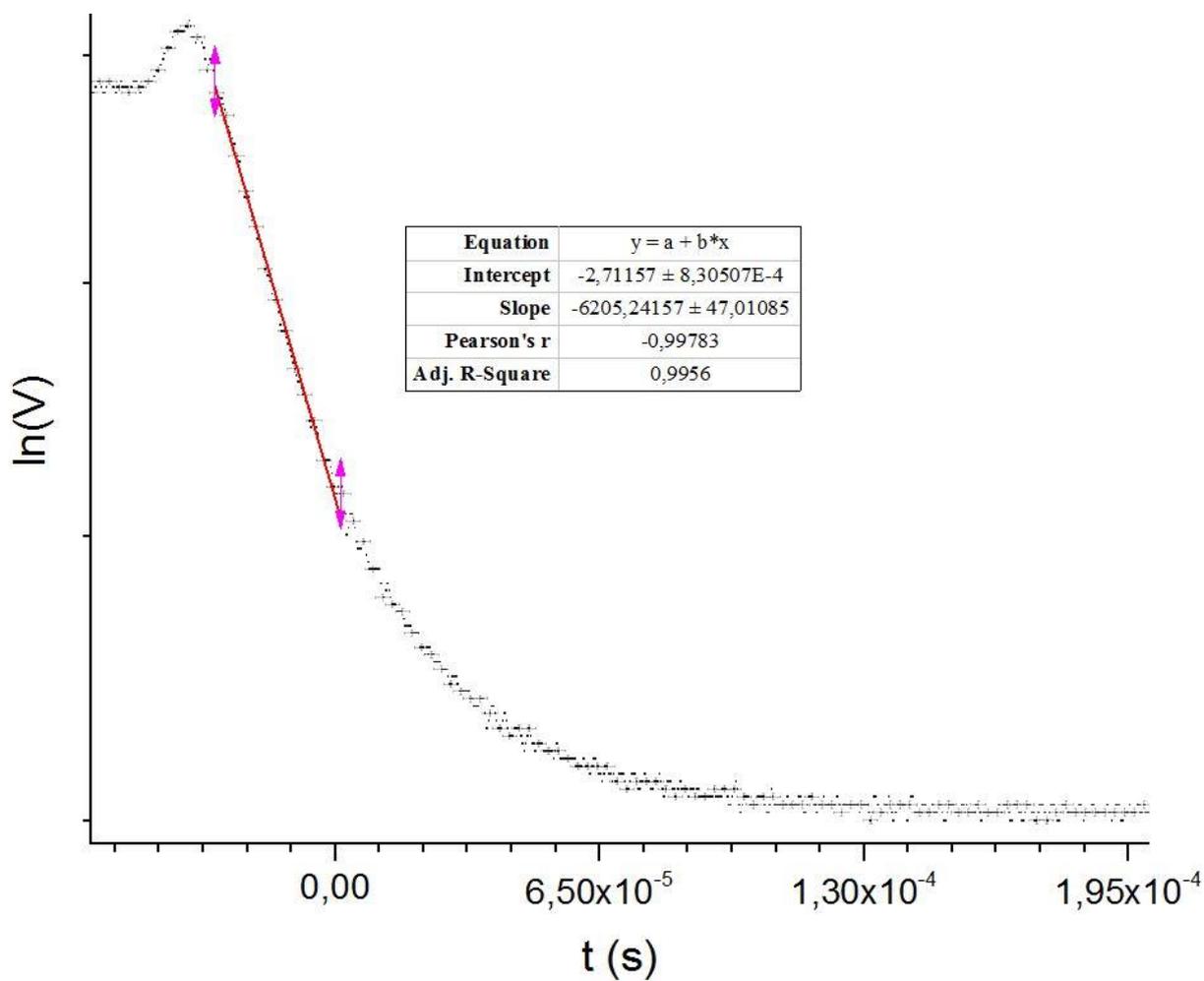


Figura 5: Gráfico e ajuste linear do tempo de vida do post-it.

Do ajuste linear obtém-se que o tempo de vida das emissões em 530nm de um *post-it* branco excitado com laser de 375nm é de  $(1,61 \pm 0,06) \times 10^{-4}$ s.

**Meu orientador concorda com o expressado neste relatório e deu a seguinte opinião:**

Preciso dar uma nota para o trabalho do meu xará.

A proposta inicial acabou não dando certo porque as amostras que ele devia medir se deterioraram com o tempo. No entanto, a atuação dele foi muito além do previsto. Ele precisou entender o funcionamento de um fotodiodo, projetar e montar um amplificador de corrente (ele nunca tinha soldado um fio na vida!). Caracterizou o tempo de resposta do amplificador e do sistema amplificador-fotodiodo. Finalmente fez medidas do tempo de decaimento da fotoluminescência em papel comum excitando com um laser semiconductor no UV.

Eu fiquei muito contente com a evolução dele. Minha maior ressalva é em relação a sua dificuldade em reportar o experimento, fazer uma descrição inteligível do equipamento em lugar de uma narrativa. No entanto, essa dificuldade é comum entre estudantes de física, em parte fomentada pela maneira como escrevem relatórios nas físicas básicas.

## REFERÊNCIAS

Tipler PA, Llewellyn RA. FÍSICA Moderna. 3ª edição

Eisberg R, Resnick R. FÍSICA Quântica. 3ª edição

[1] PUBLISHING. Journals, books and databases. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/ra/c2ra01214f>>. Acesso em 21 mar. 2016

[2] PUBLISHING. Journals, books and databases. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2004/dt/b316246j>>. Acesso em 21 mar. 2016

ATEC. Oscilloscope datasheet. Disponível em: <<http://www.atecorp.com/products/tektronix/tds-654c.aspx>>. Acesso em: 17 mar. 2016

NEWPORT. Biased Photodetector Silicon. Disponível em: <<http://search.newport.com/?x2=sku&q2=818-BB-21>>. Acesso em: 28 mar. 2016

LEXEL. Ion Lasers. Disponível em: <[http://www.amstechnologies.com/fileadmin/amsmmedia/downloads/4836\\_lexel8595ionlasers.pdf](http://www.amstechnologies.com/fileadmin/amsmmedia/downloads/4836_lexel8595ionlasers.pdf)>. Acesso em: 05 jul. 2016

SCITEC. Rotating Optical Chopper. Disponível em: <[http://www.scitec.uk/optical\\_chopper/300cd](http://www.scitec.uk/optical_chopper/300cd)>. Acesso em: 05 jul. 2016

PRINCETON Instruments. Monochromator/Spectrograph Manual. Disponível em: <[http://www.princetoninstruments.com/userfiles/files/assetLibrary/Datasheets/Princeton\\_Instruments\\_Acton\\_Series\\_N3\\_1-9-2-15.pdf](http://www.princetoninstruments.com/userfiles/files/assetLibrary/Datasheets/Princeton_Instruments_Acton_Series_N3_1-9-2-15.pdf)>. Acesso em: 05 jul. 2016