

DESIGN DE UM SISTEMA DE LEITURA DE LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (OSL) DE ARQUITETURA ABERTA¹

IANELLI, Giovanni²

ROCHA, Carlos Antônio da³

RESUMO

A Luminescência Opticamente Estimulada (OSL) tornou-se uma das modalidades de medição de radiação predominantes nas últimas décadas devido à sua simplicidade de operação e por fornecer resultados confiáveis. O uso do OSL se baseia no princípio da coleta da luz emitida por um material luminescente quando submetido a uma estimulação por laser. Quando a quantidade de luz coletada é proporcional à dose de radiação absorvida, este material pode ser considerado como um potencial dosímetro de radiações. No entanto, um leitor comercial de OSL, mesmo o mais simples, tem um custo proibitivo para laboratórios pequenos ou com baixo financiamento. Nesse sentido, um medidor OSL “*custom-made*”, confiável, de arquitetura aberta e de baixo custo pode ser uma saída viável. Na presente contribuição é apresentado o projeto e a construção do suporte rotativo para as amostras, parte importante de um leitor OSL. O projeto completo visa contribuir significativamente para a inovação em instrumentação científica e os resultados esperados incluem um protótipo funcional, publicação de artigos científicos e o compartilhamento do projeto como “*open source*”.

Palavras-chave: dosimetria das radiações, instrumentação *custom-made*, luminescência opticamente estimulada, plataforma Arduino, linguagem python.

INTRODUÇÃO

No ano de 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen realizou uma pesquisa sobre a propagação dos raios catódicos, que resultou na produção de radiação eletromagnética em comprimentos de onda de raios X, nome que foi dado referenciando à designação da letra “X” na matemática para o desconhecido, já que até aquele momento não havia conhecimentos do conceito de radiação (Radiológica, 2002).

No ano de 1896, juntamente com a descoberta da radioatividade pelo físico francês Antoine Henri Becquerel, a partir de um estudo com sais de urânio, nasceu o campo da dosimetria, que tinha como objetivo inicial medir doses de radiação ionizante que, por definição, é a essência dos serviços dessa área de estudo.

¹ Trabalho vinculado ao Programa Institucional de Iniciação Científica e Tecnológica do Campus São Paulo.

² Aluno de Engenharia Mecânica; IFSP Campus São Paulo; São Paulo – SP; g.ianelli@aluno.ifsp.edu.br.

³ Professor Doutor EBTT; IFSP Campus São Paulo; São Paulo - SP; carlosrocha@ifsp.edu.br

Físicos como Marie e Pierre Curie e Ernest Rutherford também fizeram avanços significativos no campo da dosimetria, juntamente com seus estudos sobre radiações e seus diferentes tipos.

Nas décadas de 1950 e 1960 a dosimetria baseava-se quase que inteiramente em processos termoluminescentes, onde as amostras eram aquecidas até certa temperatura e, durante esse processo, fótons eram emitidos, capturados e quantificados. Na década de 1970 começaram os primeiros estudos de dosimetria com estimulação óptica (OSL), ou seja, estimular a luminescência com luz ao invés de calor. Esta técnica se consolidou na década de 1980, e foi formalmente desenvolvida por pesquisadores como D.J. Huntley, M. Lamothe e outros, que conseguiram demonstrar o uso da OSL para datação geológica e arqueológica de sedimentos (Huntley; Godfrey-Smith; Thewalt, 1985).

Na década de 1990, a OSL passou a ser utilizada também em dosimetria de radiações, estabelecendo-se como uma das principais ferramentas nesta área de estudo (Yukihara; McKeever, 2011).

Objetivamente, a OSL consiste na análise de amostras de materiais como quartzo, alumina ou feldspato, entre outros, que, quando expostos à radiação ionizante, capturam elétrons em “armadilhas” da rede cristalina. Ao serem estimuladas por luz de comprimento de onda específico, estes elétrons são liberados e recombina-se com vacâncias ou “lacunas” carregadas positivamente, emitindo luz (luminescência) proporcional à dose de radiação acumulada. Essa luminescência é então medida por um fotomultiplicador ou fotodetector, e os valores obtidos são sujeitos a uma análise posterior (Boztemur, 2024).

Vale a pena destacar que, nas últimas duas décadas, o movimento de código aberto está proporcionando cada vez mais acesso ilimitado a software e até mesmo a hardware, em quase todas as áreas. A possibilidade de criar instrumentos científicos usando software e hardware de código aberto está reduzindo o custo da pesquisa (Pearce, 2013). Por exemplo, há muitos pacotes de software e bibliotecas desenvolvidos para fins de instrumentação usando Python (Rossum, 1995), que é um software aberto.

Atualmente, a maioria dos equipamentos de pesquisa em uso é baseada em microcontroladores, pois eles oferecem grande flexibilidade em medição e controle. O Arduino, que é um microcontrolador com uma plataforma e comunidade de software e hardware abertos, já se tornou uma alternativa muito importante para instrumentação e pesquisa científicas (Daniel; Peter, 2012).

A motivação deste estudo é projetar um sistema de medição OSL automatizado de baixo custo, controlado por hardware e software abertos. O leitor OSL a ser desenvolvido nesse projeto não é comparável aos disponíveis comercialmente e nem almeja essa finalidade. O objetivo deste projeto é poder oferecer, se bem-sucedido, um exemplo de utilização de hardware e software de código aberto para a construção de um leitor OSL automatizado e customizado.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal documentar os avanços realizados no projeto de construção de um leitor OSL de baixo custo até o presente momento. Sendo assim, o foco desta contribuição é o projeto e construção da base giratória de amostras que faz parte da constituição do leitor OSL, focando nas escolhas de materiais utilizados, decisões de projeto, a interação das partes, programação do motor e do projeto manufaturado em si.

METODOLOGIA

Para realização deste projeto, no momento inicial, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, a fim obter uma visão geral da construção de um leitor OSL. O entendimento sobre todas as partes constituintes é de extrema importância para que seu planejamento seja feito da forma correta, precisa e, de preferência, com baixo custo.

A construção do mecanismo motorizado de troca de amostras envolve as seguintes etapas:

- a) definição do número de amostras a ser colocado no prato de amostras;
- b) material a ser utilizado para a confecção do prato de amostras, bem como seu design, que deve permitir a sua retirada de dentro do sistema de modo fácil e rápido;
- c) definição do tamanho do suporte para cada amostra;
- d) definição do motor de passo a ser utilizado, bem como a sua precisão de posicionamento;
- e) projeto do sistema de controle do motor e de como será a interface com o usuário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para iniciar o projeto do OSL decidiu-se pela parte mecânica, a qual consiste em uma base giratória para acomodar as amostras que serão analisadas. Esta base giratória se fundamenta na utilização de um motor de passo, que tem como função alternar as amostras que serão analisadas.

Após um estudo sobre as necessidades do projeto, foi determinado que o motor utilizado deveria ser do modelo NEMA 14, cujo modelo escolhido opera numa tensão nominal de aproximadamente 2,4 volts com um torque de 0,5 N.m, sendo essas especificações adequadas para o uso designado (Impacto, 2025).

Figura 1 – Motor NEMA 14 utilizado.

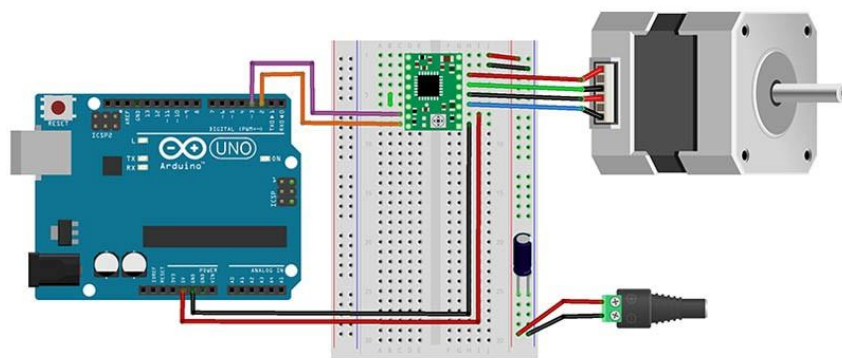


Fonte: Adaptado de (Impacto, 2025)

O motor é controlado por uma placa Arduino UNO, visando o baixo custo e a escolha de uma linguagem de programação aberta. Vale destacar que este tipo de projeto também demanda a utilização de um driver modelo A4988, que permite o controle de corrente, direção e velocidade de motores de passo (De Barros, 2025).

Para a automação das funções designadas ao motor, foi escrito um código no software próprio para as placas de Arduino e, além disso, foi montado o sistema para que fosse possível a aplicação prática deste código, ambos mostrados a seguir.

Figura 2 – Ilustração do circuito montado.



Fonte: Adaptado de (De Barros, 2025).

O código utilizado na programação do Arduino é mostrado na Figura 3.

Figura 3: Código utilizado na plataforma Arduino para controle do motor de passo.

```
define DIR_PIN 2
#define STEP_PIN 3

const int stepsToMove = 20;

const unsigned long interval = 5000;

const int stepDelay = 10000;

void setup() {
  pinMode(DIR_PIN, OUTPUT);
  pinMode(STEP_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
}

void loop() {
  for (int i = 0; i < stepsToMove; i++) {
    digitalWrite(STEP_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(stepDelay);
    digitalWrite(STEP_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(stepDelay);
  }
  delay(interval);
}
```

Fonte: Arquivos dos autores.

Este código foi construído objetivando a rotação da bandeja a cada 20 passos de 1,8 graus cada, a fim de posicionar 10 amostras, que é a capacidade total da bandeja. Além disso, também é definido o intervalo de tempo em que cada rotação irá ocorrer, bem como a velocidade em que o motor realizará tal ação.

Para a chamada “bandeja de amostras”, foi realizado um projeto utilizando o software Inventor, da Autodesk, para sua posterior impressão em uma impressora 3D disponibilizada pela instituição. A bandeja foi projetada para que a menor quantidade possível de luz advinda da amostra e do próprio aparelho seja incidida acidentalmente nas amostras adjacentes.

A bandeja foi impressa em PLA (Ácido Polilático), um termoplástico biodegradável amplamente utilizado como material de impressão 3D devido a sua facilidade de impressão (baixa temperatura de fusão e baixa deformação), bem como pelo seu preço acessível. O projeto da bandeja é mostrado na Figura 4.

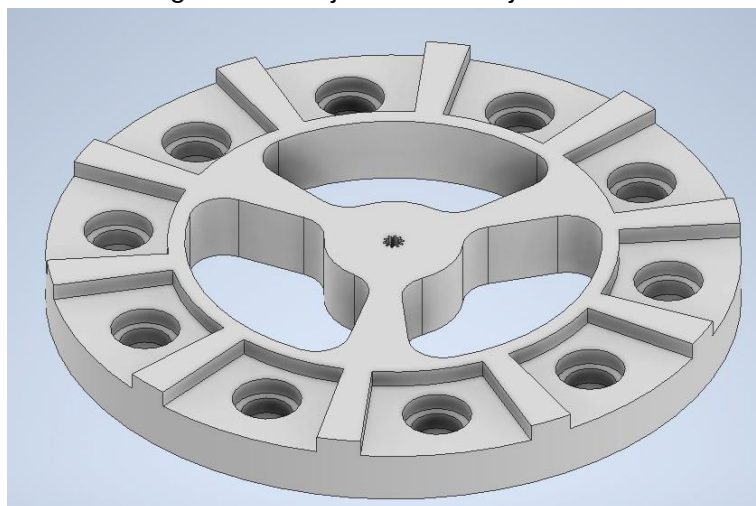
CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

A partir das pesquisas realizadas e dos avanços realizados até o presente momento, é seguro concluir que o projeto está se encaminhando de uma maneira satisfatória, pois, apesar de ser extenso e de cada componente necessitar de um vasto conhecimento, o funcionamento das partes até então realizadas está condizente com o esperado para projetos de luminescência opticamente estimulada.

O princípio de manter o projeto com um baixo custo também está sendo atingido com sucesso, utilizando de meios que não necessitam de grandes investimentos, como a programação em Arduíno e a impressão 3D em PLA, já que a impressora está disponível no campus do instituto para utilização em projetos educacionais.

Além disso, posteriormente no desenvolvimento do projeto, a linguagem de programação “python” terá um grande destaque, sendo responsável pela construção da interface com o usuário e também pelo armazenamento e interpretação dos dados obtidos pelo fotodetector.

Figura 4 – Projeto da bandeja de amostras.



Fonte: Arquivo dos autores

REFERÊNCIAS

BOZTEMUR, Deniz Orhun. **Design and construction of a time-resolved optically stimulated luminescence measurement system**. Ankara: Middle East Technical University, 2024.

DE BARROS, Rachel. **Control NEMA 17 with A4988: Arduino Wiring & Code Guide**. Disponível em: <https://racheldebarros.com/control-nema17-with-a4988-arduino-wiring-and-code-guide> Acesso em: 23 jul. 2025.

DANIEL K, Fisher; PETER J, Gould. Open-source hardware is a low-cost alternative for scientific instrumentation and research. **Modern instrumentation**, v. 2012, 2012.

HUNTLEY, David J.; GODFREY-SMITH, Dorothy I.; THEWALT, Michael LW. Optical dating of sediments. **Nature**, v. 313, n. 5998, p. 105-107, 1985. DOI: 10.1038/313105a0.

IMPACTO CNC. **Motor de passo Nema 14 36BYG1204-A-6QHT – Impressora 3D.**

Disponível

em:

<https://www.impactocnc.com/motor-de-passo-nema-14-36byg1204-a-6qht-impressora-3d>

Acesso em: 04 jun. 2025.

PEARCE, J. **Open-source Lab: How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs.** 240pg, Newnes-Elsevier, MA, USA, 2013. ISBN 012410486X.

RADIOLÓGICA, Proteção. Noções Básicas de Proteção Radiológica. **Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Ipen**, 2002. Disponível em:

<https://portalidea.com.br/cursos/0c7c17b22e04aaf7d55ac81e5ae666bd.pdf>. Acesso em 15 ago. 2025.

ROSSUM, G. van **Python tutorial**, Technical Report CS-R9526. Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI), Amsterdam, 1995.

YUKIHARA, E. G.; McKEEVER, S. W. S. **Optically Stimulated Luminescence: Fundamentals and Applications.** Wiley, Chichester, West Sussex, 2011.