



PROJETO VERSÁTIL DE ADAPTAÇÃO DO CONTADOR GEIGER-MÜLLER PARA AFERIÇÃO E QUANTIZAÇÃO DE RADIAÇÃO IONIZANTE NO AMBIENTE E EM PESSOAS

Lázaro Luiz Duarte Neto ^{*1}, Adriano Reis da Silva Júnior ¹, Letícia Marques Pinho Tiago ¹, Marina Abadia Ramos ²

¹FEELT – Universidade Federal de Uberlândia

²ICBIM – Universidade Federal de Uberlândia

Resumo - Radiação é energia que se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio, podendo ser classificada como energia em trânsito, forma de energia que consegue promover a ionização de moléculas e espécies químicas causando alterações indesejadas, inclusive de saúde. Partículas altamente energéticas como partículas alfa, os elétrons e os pósitrons são emitidos espontaneamente de núcleos radioativos encontrados diariamente na natureza. As lesões e danos nas estruturas fisiológicas são ocasionados pela modificação da estrutura química de moléculas corporais. Devido às atividades naturais e humanas é importante manter um controle acerca das quantidades e doses dessas radiações que estamos expostos a todo tempo, dessa forma decidimos pela criação de um equipamento de medição de radiação ionizante fundamentado na busca de ferramentas nas publicações bibliográficas atuais. Usaremos um aparato de Geiger-Müller circuitado eletronicamente, relativamente simples e de baixo custo, composto por um tubo Geiger-Müller, um circuito de alta tensão e um divisor de tensão para a leitura em um micro controlador (medidor) para a leitura e interpretação dos dados. O circuito de alta tensão que alimenta o tubo será projetado de forma a manter 400 V em corrente contínua de maneira estável necessária para o bom funcionamento do equipamento.

Palavras-Chave - Geiger-Müller, Prototipação, Radiação

VERSATILE PROJECT FOR ADAPTING THE GEIGER-MÜLLER COUNTER FOR IONIZING RADIATION MEASUREMENT AND QUANTIZATION IN THE ENVIRONMENT AND PEOPLE

Abstract - Radiation is energy that spreads from an emitting source by any means, and can be classified as energy in transit, a form of energy that can promote the ionization of molecules and chemical species causing undesirable changes, including health. Highly energetic particles such as alpha particles, electrons and positrons

are spontaneously emitted from radioactive nuclei found daily in nature. The injuries and damages in the physiological structures are caused by the modification of the chemical structure of the body's molecules. Due to natural and human activities, it is important to maintain control over the quantities and doses of these radiation to which we are exposed at all times, so we decided to create an ionizing radiation measurement equipment from the search for tools in current bibliographic publications. We will use electronically a Geiger-Müller device, relatively simple and low cost, composed of a Geiger-Müller tube, a high voltage circuit and a voltage divider for reading in a microcontroller (meter) for reading and interpreting the data. The high voltage circuit that supplies the valve will be designed to maintain 400 V in direct current in a stable manner necessary for the proper functioning of the equipment.

Keywords - Geiger-Müller, Prototyping, Radiation.

NOMENCLATURA

<i>GM</i>	Geiger-Müller.
<i>TBJ</i>	Transistor Bipolar de Junção.

I. INTRODUÇÃO

A radiação é uma forma de energia que viaja a partir de ondas ou partículas energizadas, que podem ser divididas entre radiações ionizantes (assim como a radiação solar) e não ionizantes (tal como as ondas de rádio) [1].

Radiação ionizante é um tipo de radiação com força suficiente para remover elétrons presos na órbita do átomo com o qual está interagindo, tornando-os carregados (ou ionizados) [2]. A radiação não ionizante é um modelo de radiação de baixa frequência e baixa energia, que se propaga através de uma onda eletromagnética, proveniente de um campo elétrico e um campo magnético, podendo ser constituídas a partir de fontes naturais e não naturais [3].

*lduarteneto@ufu.br

No cotidiano as pessoas estão expostas às radiações de fundo por meio principalmente do radônio, proveniente das rochas da crosta terrestre e, para saber o quanto dessas radiações atingem o ser humano, usamos uma unidade de medida do Sistema Internacional de Unidades denominado de dose equivalente. A dose equivalente (H) é uma medida da dose de radiação num tecido. Esta grandeza tem maior significado biológico que a dose absorvida, pois permite relacionar os diversos efeitos biológicos de vários tipos de radiação. A sua unidade no Sistema Internacional é Sievert (Sv).

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

A dose equivalente é obtida através da dose absorvida multiplicada por dois fatores ponderantes apropriados adimensionais. A dose média recebida pelas pessoas por meio da radiação de fundo é de cerca de 2,4 mSv / ano, podendo variar de 1 a 10 mSv / ano [4].

A literatura atualizada cita uma grande variedade de efeitos não térmicos adversos à saúde humana, provenientes da exposição prolongada às radiações de RF (Radiofrequência) devido a ondas de TV, monitores, celulares e microondas além das alterações causadas pelos aparelhos como do eletroencefalograma (EEG) e imageamento causando letargia, geração de prematuros, distúrbios do sono, distúrbios comportamentais, perda de memória recente, dificuldades de concentração, doenças neurodegenerativas, abortamento, má formação fetal, linfoma, leucemia e câncer, entre outros. Campos elétricos e eletromagnéticos interagem de forma inequívoca com os sistemas biológicos, além da sua penetração nos órgãos e tecidos, estes são regidos por delicadas reações bioeletroquímicas que sustentam o processo vital e recebem a influência daqueles campos [5].

Radiação é energia que se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio, podendo ser classificada como energia em trânsito [6]. As partículas alfa, os elétrons e os pósitrons são também emitidos espontaneamente de núcleos dos átomos radioativos advindos de materiais da natureza [6]. A radiação pode se apresentar também em forma de onda eletromagnética, constituída de campo elétrico e campo magnético oscilantes, perpendiculares entre si e que se propagam no vácuo com a velocidade da luz. Uma onda eletromagnética é caracterizada pelo comprimento de onda ou pela frequência da onda e as várias faixas constituem o espectro eletromagnético, indo de ondas de frequência extremamente baixa, passando por ondas de rádio, de TV, microondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta até chegar aos raios-X e raios gama. Durante vários séculos houve muita polêmica quanto à natureza da luz, se ela era uma onda ou se era constituída de partículas [6]. Dessa forma entendemos as amplas possibilidades de alteração da matéria (espaço e via de propagação dessa radiação).

Sabendo disso, é de extrema importância a determinação da quantidade de radiação a qual o ser humano está exposto, a fim de prever os riscos provenientes de exposição excessiva. Para tal monitoramento utilizam-se medidores de radiação ionizante e o principal deles é o contador de Geiger-Müller

(GM). O contador Geiger-Müller (GM) é um instrumento científico criado em 1928 por Hans Geiger e Walter Müller. O contador GM foi um dos primeiros instrumentos elétricos que conseguia detectar as radiações alfa, beta e gama. O contador GM detecta a presença de radiação usando a capacidade que as partículas radioativas têm de ionizar certas moléculas. O contador tem duas partes principais - um tubo selado, ou câmara, cheio de gás e um display de informações. A câmara cheia de gás (normalmente argônio) é submetida a uma tensão elétrica que mantém a parede do tubo negativa em relação a um fio positivo que corre ao longo do seu eixo, esse fio atrai elétrons, criando outros pares de íons e enviando uma corrente através dele. Quando as partículas radioativas entram em contato com os átomos de argônio, convertem alguns deles em íons positivos mais elétrons. Sob a ação do campo elétrico, os íons migram para a parede do cilindro e os elétrons para o fio. Essa dupla migração causa um pulso de corrente que é transmitida a um amplificador. A corrente vai para o display e move uma agulha em uma escala ou exibe um número em uma tela, indicando o nível de radiação local [7].

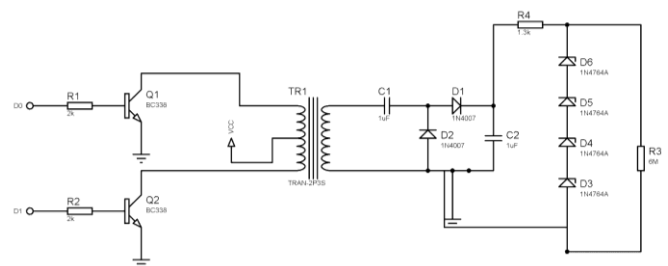
O uso do contador GM, nesse projeto, possibilita a construção de equações e processamento de dados com possibilidade de reproduzir informações úteis e de fácil conversão em sinais simplificados que servirão de ensaios na construção de um medidor externo com alvo no público em geral, com capacidade de captar radiações emitidas pelo corpo humano, enquanto exposto às condições ambientais cotidianas, sendo que tais informações servirão de referências de prevenção e educação à população quanto aos perigos da rotina a que são expostos, normalmente, levemente.

Justificamos o uso de microcontrolador para compor o aparato com a expectativa de obter como resultados as doses de radiação a partir dos valores recebidos pelo contador GM.

II. METODOLOGIA

Através de uma adaptação de um contador GM para dosagem de energia ambiente apresentamos um esquema matemático de análise, verificação e um modelo de mensuração. O esquema consiste em um equipamento contendo como base o tubo GM acoplado a sistemas de resistores, capacitores, um transformador, diodos, transistores e circuitos integrados de acordo com o esquema da Figura 1.

Figura 1: Esquema elétrico do gerador de alta tensão do contador GM.



Como apresentado na Figura 1, o gerador de alta tensão consiste em um inversor composto por dois transistores TBJ

do tipo NPN. Uma tensão de 5V é aplicada a base do transistor, de forma a fluir 2,5 mA de corrente sabendo que a corrente no coletor é caracterizada de acordo com a Equação 1.

$$I_c = h_{fe} \cdot I_b \quad (1)$$

Onde:

- I_c - Corrente de Coletor.
- I_b - Corrente de Base.
- h_{fe} - Ganho do Transistor.

Devido ao ganho do transistor (h_{fe}), a corrente de coletor será de 250 mA, o que é mais que suficiente para alimentar a carga e os diodos zener, uma vez que $I_{zt} = 2,5$ mA e temos 3,125 mA no nó entre o capacitor C2 e o diodo D1 com essa configuração. A transformação de corrente e tensão é caracterizada pela Equação 2.

$$2 \frac{n_s}{n_p} = \frac{V_{C_2}}{V_p} = \frac{I_p}{I_{C_2}} \quad (2)$$

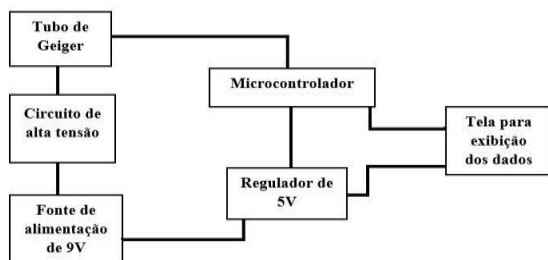
Onde:

- n_s - Número de espiras no enrolamento secundário do transformador.
- n_p - Número de espiras no enrolamento primário do transformador.
- V_{C_2} - Tensão no nó entre o capacitor C_2 e o diodo D_1 .
- V_p - Tensão no enrolamento primário do transformador.
- I_p - Corrente no enrolamento primário do transformador.
- I_{C_2} - Corrente no nó entre o capacitor C_2 e o diodo D_1 .

O resistor R3 representa o conjunto composto pelo tubo GM, o divisor resistivo e a saída do sinal oriundo da detecção de radiação.

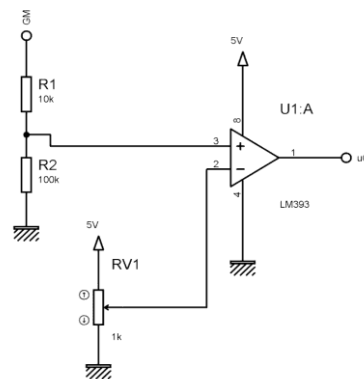
O medidor de radiação do tipo GM é composto por um gerador de tensão, um tubo GM e um contador de pulsos, que no nosso caso é o microcontrolador ATMEGA328P programado usando a IDE do Arduino.

Figura 2: Esquema de funcionamento do contador GM.



O contador GM será construído de acordo com o esquema da Figura 2, respeitando as tensões e correntes em cada parte do sistema.

Figura 3: Saída de sinal para o microcontrolador.



A saída do sistema para o microcontrolador está representada na Figura 3 (uC) e é caracterizada por um nível lógico alto quando um feixe de radiação passa pelo tubo. O comparador de tensão LM393 é usado para minimizar o efeito dos espúrios de tensão provenientes de ruídos diversos. As entradas do comparador de tensão são ligadas a dois divisores resistivos, sendo um para ajuste do limiar de detecção, composto por um potenciômetro como dois resistores em série, e o outro para a tensão de saída após um feixe de radiação passar pelo tudo. A relação entre a tensão de entrada e a tensão de saída do divisor de tensão resistivo é apresentada na Equação 3.

$$V_o = V_i \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Onde:

- V_o - Tensão de saída.
- V_i - Tensão de entrada.
- R_1 - Resistor ligado à entrada.
- R_2 - Resistor ligado ao nó de terra.

A saída será representada por um nível lógico de 5V a cada feixe de radiação que passar pelo tubo GM, o que será contado pelo microcontrolador e interpretado para a quantidade de radiação emitida pelo corpo analisado.

Posteriormente à construção desse esquema eletrônico será criado um software que irá computar a quantidade de pulsos de radiação por minuto e hora. Com esses dados serão calculados os níveis de radiação obtidos por meio da multiplicação desses por constantes que converterão CPM e CPS (Contas por minuto e por segundo, respectivamente) em $\mu\text{Sv/s}$, $\mu\text{Sv/min}$, $\mu\text{Sv/h}$, mSv/s , mSv/min , mSv/h .

Apesar do aparato ser de baixo custo, não é necessariamente acessível a qualquer cidadão devido à dificuldade de acesso à alguns componentes. Por situações inesperadas da pandemia e problemas administrativos da empresa Correios, esses fatores impossibilitaram os testes do aparato. Entretanto, pretende-se montar todo o esquema descrito, de forma teórica, em um dos laboratórios de biofísica (UFU - Umuarama) e calibração em ambiente controlado. Após essa etapa de calibração, pretendemos encontrar um

valor (que pode ser uma constante) que será utilizada no software desenvolvido.

III. CONCLUSÕES

O presente trabalho é uma proposta de desenvolvimento de uma ferramenta de acessibilidade funcional a todo cidadão não ligado à área da radiação e proporciona, ao mesmo tempo, acompanhar os níveis de radiação ao qual está submetido no cotidiano como sistema de obtenção de informações úteis à saúde.

Em suma, o equipamento, simples e de baixo custo, composto por um contador GM e acoplado a um microcontrolador, descrito neste artigo possui um sistema semiaberto que permite maiores possibilidades de expansão e flexibilidade para uso em conjunto com outros aparatos de software e hardware tendo em vista os contadores GM comerciais atuais com custos elevados.

Este equipamento será usado posteriormente para a busca e medição de radiação ionizante no meio ambiente e será feito a quantização e análise dos dados coletados.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Donya, M. Radford, A. ElGuindy, D. Firmin and M. Yacoub, "Radiation in medicine: Origins, risks and aspirations", *Global Cardiology Science and Practice*, vol. 2014, no. 4, p. 57, 2014.
- [2] J. de Almeida Moreira, "Radiobiologia – efeito das radiações ionizantes na célula – e formas de protecção das radiações ionizantes", *Universidade da Beira Interior*, 2011.
- [3] "Radiações não ionizantes", *INCA - Instituto Nacional de Câncer*, 2019. [Online]. Acedido em 31 de Agosto de 2020 em: <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/radiacoes/radiacoes-nao-ionizantes>.
- [4] G. Thomas and P. Symonds, "Radiation Exposure and Health Effects – is it Time to Reassess the Real Consequences?", *Clinical Oncology*, vol. 28, no. 4, pp. 231-236, 2016.
- [5] A. Condessa Dode, M. Diniz Leão and D. Condessa Dode, "Poluição Ambiental e Exposição Humana em relação às

Radiações Eletromagnéticas oriundas do Sistema de Telefonia Celular", *Medições de Radiações Eletromagnéticas*, Maio 2006.

[6] E. Okuno, "Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia", *Estudos Avançados*, vol. 27, no. 77, pp. 185-200, 2013.

[7] S. Korff, "How the Geiger Counter started to crackle: Electrical counting methods in early radioactivity research", *Annalen der Physik*, vol. 525, no. 6, pp. A88-A92, 2013.

DADOS BIOGRÁFICOS (OPCIONAL)

Adriano Reis da Silva Júnior, nascido em 25/04/1999 em Ribeirão Preto/SP, é graduando do sexto período do Curso de Engenharia Biomédica na Universidade Federal de Uberlândia. De 01/04/2018 a 31/07/2018 e de 01/04/2019 a 15/07/2019 foi monitor de Introdução à Tecnologia da Computação.

Lázaro Luiz Duarte Neto nascido em 23/11/1998 em Itumbiara/GO, é graduando do sétimo período do Curso de Engenharia Biomédica na Universidade Federal de Uberlândia.

Letícia Marques Pinho Tiago nascida em 05/01/2000 em Uberlândia-MG, é graduanda do sexto período do Curso de Engenharia Biomédica na Universidade Federal de Uberlândia desde 2017. Foi monitora em Funções de Variáveis Reais II em 2018. É membro do PET Biomédica desde 2019.

Marina Abadia Ramos, nascida em Uberaba - MG, é bióloga (1985) mestre (1997) e doutoranda (2020) pela Universidade Federal de Uberlândia. Foi sub- chefe de Departamento da Área de Ciências Fisiológicas (2001), Desde 2015 é Coordenadora do Laboratório Virtual, foi Coordenadora de Departamento 2012 a 2017, Foi chefe do Departamento de Biofísica de 2012 a 2016. Atualmente é professora das disciplinas de Biofísica, Seminários em Biomedicina, Tópicos Contemporâneos em Biomedicina na Universidade Federal de Uberlândia.