

# Aplicações dos isótopos do Césio no cotidiano.

<sup>1</sup>Jordão, B.O., <sup>2</sup>Quaresma D.S. <sup>3</sup>Peixoto, J.G.P., <sup>4</sup>Carvalho, R.J.

<sup>1, 2, 4</sup> Observatório Nacional (ON) - Laboratório Primário de Tempo e Frequência (LPTF)

<sup>3</sup> Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) - Laboratório Nacional de Metrologia de Radiação Ionizante (LNMRI)

[bjordan@on.br](mailto:bjordan@on.br)  
[dansq@on.br](mailto:dansq@on.br)  
[guilherm@ird.gov.br](mailto:guilherm@ird.gov.br)  
[carvalho@on.br](mailto:carvalho@on.br)

**Resumo:** O elemento químico principal abordado por esse artigo é o Césio, especificamente o isótopo Césio<sup>133</sup> e o radioisótopo Césio<sup>137</sup>, exemplificando suas características físicas e químicas, e as suas aplicações. Este artigo mostrará também como esses isótopos proporcionaram aos pesquisadores um avanço na área da medicina radiológica e na metrologia em tempo e frequência.

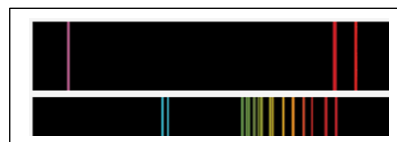
**Palavras-chave:** Césio, Medicina, Tempo e Frequência.

**Abstract:** In the world of science, the desire of the scientific community to discover new chemical elements is crucial for the development of new technologies in various fields of knowledge. And the main chemical element addressed by this article is Cesium, but specifically Césio<sup>133</sup> isotope and radioisotope Césio<sup>137</sup>, exemplifying their physical and chemical characteristics, and their applications. This article will also show how these isotopes have provided researchers a breakthrough in the field of radiological medicine and in time and frequency metrology.

**Keywords:** Cesium, Radiation Medicine, Time Frequency.

## 1. INTRODUÇÃO

A descoberta do Césio se deu por volta de 1860 através de uma análise espectroscópica de uma amostra da água mineral, concentrada de alguns elementos encontrados na água mineral como Magnésio, Lítio, Potássio, Sódio, Cálcio e Estrôncio, extraídos após a vaporização da solução. Após o aquecimento, observou-se, ao utilizar o espectroscópio, que a luz produzida havia dois feixes azuis um próximo da outra, figura 1.



**Figura 1** - Espectros básico da emissão de chama semelhantes aos que Bunsen e Kirchhoff viu. O espectro de cima é o potássio, com a linha de violeta distintiva. Para césio, o céu azul, as linhas gêmeas mostraram um novo elemento que estava presente.

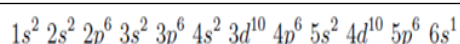
A tabela 1 apresenta alguns dos isótopos do elemento químico “Césio” dentre eles destacaremos o <sup>137</sup>Cs e o <sup>133</sup>Cs que é o objetivo deste trabalho. Será feito a comparação da utilização destes isótopos no cotidiano das pessoas visando a melhoria na qualidade de vida.

**Tabela 1** – Alguns isótopos referentes ao elemento Césio.

Simb	% natural	Massa	Meia vida	Decaimento
$^{129}\text{Cs}$	0	128,9061	1,336 d	CE p/ $^{129}\text{Xe}$
$^{130}\text{Cs}$	0	129,9067	29,21 m	CE p/ $^{130}\text{Xe}$ β- p/ $^{130}\text{Ba}$
$^{131}\text{Cs}$	0	130,9055	9,69 d	CE p/ $^{131}\text{Xe}$
$^{132}\text{Cs}$	0	131,9064	6,48 d	CE p/ $^{132}\text{Xe}$ β- p/ $^{132}\text{Ba}$
$^{133}\text{Cs}$	100	132,9054	Estável	-
$^{134}\text{Cs}$	0	133,9067	2,065 a	CE p/ $^{134}\text{Xe}$ β- p/ $^{134}\text{Ba}$
$^{135}\text{Cs}$	0	134,9060	2,3 10 <sup>6</sup> a	β- p/ $^{135}\text{Ba}$
$^{136}\text{Cs}$	0	135,9072	13,16 d	β- p/ $^{136}\text{Ba}$
$^{137}\text{Cs}$	0	136,9071	30,2 a	β- p/ $^{137}\text{Ba}$

## 2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS

De acordo com a regra de Pauli, o átomo de Césio neutro e no estado fundamental, apresenta a seguinte configuração Eletrônica [Xe] 6s1.



Para caracterizar um elétron no átomo podemos dessa distribuição eletrônica, extrair os números quânticos, utilizados para descreverem as energias dos elétrons nos átomos.

### 2.1 Propriedades do Césio.

O césio faz parte da família dos metais alcalino, e possui uma cor branca prateada, mole, dúctil. É o elemento mais eletropositivo e mais alcalino. O espectro é caracterizado por duas brilhantes linhas azuis, figura 1. Reage explosivamente com a água.

O césio, gálio e mercúrio são os únicos metais líquidos em temperaturas usuais de ambientes. A tabela 3 mostra algumas características peculiares desse elemento.

**Tabela 3** – Algumas propriedades físicas referentes ao elemento Césio.

Grandeza	Valor	Unidade
Massa específica do sólido	1879	kg/m <sup>3</sup>
Ponto de fusão	28,4	°C
Calor de fusão	2,09	kJ/mol
Ponto de ebulição	671	°C
Calor de vaporização	65	kJ/mol
Temperatura crítica	1665	°C
Eletronegatividade	0,79	Pauling
Estados de oxidação	+1	-
Resistividade elétrica	20	10 <sup>-6</sup> Ω m
Condutividade térmica	36	W/(m°C)
Calor específico	242	J/(kg°C)
Coefficiente de Poisson	1,7	-
Estrutura cristalina	cúbica de corpo centrado	-

## 3. RADIOATIVIDADE DE UM ELEMENTO QUÍMICO

A radioatividade é um processo através do qual um núcleo rico em nêutrons ou rico em prótons se transforma num núcleo mais estável (Lilley, 2001). Em se tratando de um radioisótopo, o núcleo se apresenta de forma instável e procura, ao longo do tempo, a estabilidade. Isso só acontece após a emissão de certa quantidade de energia.

Os átomos instáveis, de mesma espécie e contidos numa amostra, não realizam transformações para se estabilizarem, ao mesmo tempo. Eles as fazem de modo aleatório (Tauhata 2013).

### 3. RADIOISÓTOPO CÉSIO<sup>137</sup>

O Césio<sup>137</sup> é um radionuclídeo produzido através da fissão de urânio que se desintegra emitindo partículas betas (β), elétrons (e<sup>-</sup>) e raios gama (γ) [1]. Essa fissão pode ocorrer de forma espontânea ou induzida de vários radionuclídeos pesados como urânio<sup>233</sup>, urânio<sup>235</sup> ou plutônio<sup>239</sup>. A fissão ocorre quando a barreira de energia potencial é vencida, que é de aproximadamente 5,5MeV na região do urânio e do plutônio.

Essa energia não é suficiente para haver a fissão espontânea. Mas, para que aconteça a fissão induzida, aproveita-se a energia de ligação de um nêutron, que é de aproximadamente 7,6MeV, para excitar o núcleo de um desses elementos.

O cézio<sup>137</sup> é aplicado como fonte de raio gama para tratamento clínico, esterilização nas indústrias e também, para preservação de alguns alimentos.

#### 4. ISÓTOPO CÉSIO<sup>133</sup>

O cézio<sup>133</sup> é um isótopo extremamente importante na área da metrologia. A medida de Tempo sempre foi objeto de estudo principalmente nas navegações. Utilizavam-se como referência as posições dos astros e seus movimentos periódicos. Observando que este tempo de referência associado à rotação terrestre e sua órbita em torno do Sol não era suficientemente estável, especialmente na observação de eventos astronômicos, o homem estabeleceu uma nova escala de tempo mais estável chamada: Ephemeris Time (ET) - Tempo das Efemérides: Uma escala de tempo astronômica baseada no movimento orbital da Terra em relação às estrelas distantes, vigorando como referência de tempo desde 1956 até 1967 (Kronenberg, 2007).

Com o avanço nas pesquisas em física atômica, observou-se que as frequências derivadas de transições ressonantes de átomos e moléculas oferecem importante vantagem sobre os osciladores macroscópicos. Qualquer transição

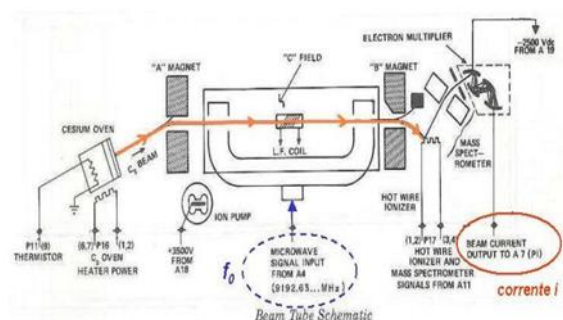
não perturbada é idêntica de átomo a átomo, tal que dois relógios baseados na mesma transição podem gerar a mesma frequência e não alteram as suas propriedades com o tempo (Kronenberg, 2007).

Com base nisso, em 1967, na 13ª Conferência Internacional de Pesos e Medidas em Paris, o segundo passou a ser definido como “a duração de **9.192.631.770** períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de cézio 133” (Bebeachibuli, 2006).

A transição entre dois níveis E1 e E2 (E2>E1) ocorre quando os átomos absorvem ou emitem um fóton de radiação eletromagnética de frequência  $\nu_0$  dada pela relação de Bohr (Résolution, 1983)

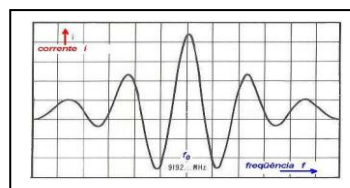
Os osciladores atômicos usam os níveis de energia nos átomos e moléculas para determinar sua frequência de ressonância. As leis da Mecânica Quântica estabelecem que um sistema atômico tenha determinados níveis discretos de energia. Com uma excitação energética externa (um campo eletromagnético externo), o sistema pode passar para um estado energético maior. E, deste estado energético maior, o sistema pode retornar ao estado mais baixo anterior, emitindo uma energia eletromagnética.

Em um padrão utilizado para referência de tempo, possui um tubo de feixe de cézio responsável pela excitação e detecção dos elétrons de valência do átomo de cézio conforme a figura 6.



**Figura 6** – Diagrama simplificado de um tubo de césio.

O forno aquece o átomo de césio que é liberado passando por um orifício. O átomo atravessa de forma enfileirada o longo tubo sob um vácuo atingindo, assim o primeiro magneto (“A” Magnet). Devido a um campo magnético especial, o magneto tem a função de separar os átomos de césio em dois feixes. O primeiro feixe apresenta o movimento de rotação do seu elétron de valência (spin) com o mesmo sentido do movimento de rotação do núcleo. O segundo feixe tem os movimentos de rotações em sentido contrário. Um desses feixes é orientado a prosseguir no tubo enquanto o outro é descartado. Ao continuar com a sua trajetória, o feixe é exposto a um sinal de microondas de frequência  $f_0 = 9192631770$  Hz. Se essa frequência se igualar com a frequência de ressonância do átomo de césio, seu estado energético se alterará. O campo magnético do segundo magneto (“B” Magnet) conduzirá esse feixe ao detector composto por um ionizador, um espectrômetro de massa e um multiplicador de elétrons. Esse detector produzirá uma corrente na saída. Se a frequência de microondas for exatamente a mesma da frequência de ressonância, haverá um pico máximo de corrente conforme a figura 7.



**Figura 7** – Curva típica de resposta da corrente de saída do tubo de feixe de césio.

A frequência desse sinal, que é a mesma da frequência de ressonância do césio, “amarra” a frequência do oscilador de quartzo que é responsável pela produção, junto com outros circuitos, do pulso por segundo (1PPS). Esse pulso é utilizado para sincronizar os relógios, mantendo a hora precisa.

## 6. CONCLUSÃO

Tanto o césio<sup>137</sup> quanto o césio<sup>133</sup> tem sido de fundamental importância no mundo científico devido suas aplicações. Se hoje temos um bom tratamento contra o câncer ou possuímos uma escala de tempo atômica com maior precisão, isso se dá por causa do césio. Evidentemente que as pesquisas em torno desse elemento químico não pararam e, futuramente, teremos novas aplicações.

## 7. REFERÊNCIAS

- Lilley, J. 2001 *Nuclear Physics: Principles and Applications*. Chichester, England: John Lilley & Sons, Ltd, The Atrium.
- Tauhata, L.; Salati, I.P.A.; Di Prinzio, R. e Di Prinzio, M. A. R. R. 2013 *Radioproteção e Dosimetria - Fundamentos* - RJ - IRD/CNEN
- Kronenberg, J. L. M. 2007 *Contribuições para o fortalecimento do Laboratório Nacional Brasileiro de Metrologia de Tempo e Frequência*. Résolution 1, 1983 Metrologia 4, 43.
- C. Audoin 1992 Metrologia 29, 113