

N.º 13  
Medicina  
P. 0032

Dr. José Ferreira de Andrade Junior

# Radioactividade das fontes mineraes do "Araxá"

Occorencia da emanação do thorio na emergencia  
da fonte radioactiva

*"Separata" dos*

ANAIS DO I.º CONGRESSO BRASILEIRO  
DE HIDRO-CLIMATOLOGIA

Realizado em S. Paulo  
de 12 a 14 de agosto  
de 1935

Sob os auspícios da  
Sociedade de Medicina e Cirurgia de S. Paulo  
e do  
Touring Club do Brasil.

1937

SÃO PAULO EDITORA LTDA. IMPRIMIU.

.85  
2r  
1  
k.1  
P.2021.147



## Radioactividade das fontes mineraes do "Araxá" (\*)

### Occorrença da emanção do thorio na emergencia da fonte radioactiva

DR. JOSE' FERREIRA DE ANDRADE JUNIOR

Director do Serviço de Produção Mineral do Ministerio da Agricultura.

Ha cerca de dez annos medi a radioactividade de algumas fontes do BARREIRO DO ARAXA' revelando nesse ponto a fonte mais radioactiva até então verificada no Brasil, conhecida por FONTE DA BEIJA.

Recentemente tive oportunidade de retomar os mesmos trabalhos utilizando um Electrometro do Professor SCHMIDT, aferido pelos proprios constructores, SPINDLER & HOYER, de Göttingen, e empregando nas medidas o Padrão P. T. R. N.º 1379 da PHYSICALISCH TECHNISH REICHSANSTALT, CHARLOTTENBURG, acompanhado do respectivo certificado, contendo 4,03.10-9 grs. de Radio.

Foram feitas varias medidas em dias successivos, com a grande e com a pequena camara de ionisação, tomando-se todas as precauções necessarias a se eliminarem as causas de erros.

A agua era colhida na propria camara de agitação, evitando-se o mais possivel o borbulhamento e em seguida extrahida pela torneira inferior até que restasse na camara um volume exacto de 500 c. c.

A agitação era feita, em todas as medidas, durante o tempo exacto de 5 minutos, prolongando-se por igual tempo o periodo de insuflação. O ar da camara de agitação antes de penetrar no condensador, era filtrado atravez de algodão, para se evitarem as finas gottas de agua e particulas do deposito activo possivelmente formado no seio da agua.

Todas as medidas foram referidas ás mesmas condições de temperatura e pressão: 15° C. e 760 millímetros de mercurio.

A aferição com o padrão foi feita no mesmo local, nas condições precisas em que foram realisadas as medidas, seguindo-se rigorosamente a technica preconizada por Mme. CURIE, prolongando-se por mais de 6 minutos o borbulhamento da corrente de ar atravez da so-

(\*) Nota apresentada á Academia Brasileira de Sciencias, antes de ser trazida ao Congresso.

Vai annexo ao presente trabalho, uma nota do autor a respeito da Radioactividade das aguas thermaes de Lindoya.

lução, tendo-se antes determinado a dispersão natural com agua bi-distillada collocada em um borbulhador semelhante.

O resultado desta aferição para a grande camara é o seguinte:

Capacidade electrostatica  $C = 5,26$  cm.  
 Queda de voltagem  $V = 0,597$  volts/segundo.  
 Corrente de ionisação :

$$i = \frac{C \cdot V}{300} = \frac{5,26 \times 0,597}{300} = 0,01047 = 10,47 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

Correcção de temperatura e pressão :

Dia . . . . . 6 de Julho de 1935  
 Hora . . . . . 13 h e 52'  
 Temperatura . . . . . 21°,6 C.  
 Pressão . . . . . 686 m/m Hg

$$E = i (0,0007 (760 - 686) + 0,002 (21,6 - 15)) = 0,681 \cdot 10^{-3}$$

$$e \quad I = i + E = (10,47 + 0,681) \cdot 10^{-3} = 11,151 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

A aferição se refere á emanação saturada e

$$4,03 \text{ Mm. C} = 11,151 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

$$1 \text{ Mm.C} = \frac{111,51}{4,03} \times 10^{-3} = 2,77 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

Segue-se que na grande camara do aparelho utilizado 1 millicurie de emanação do Radio produz um corrente de ionisação maxima de  $2,77 \cdot 10^{-3}$  unidades electrostaticas.

## VERIFICAÇÃO

A corrente de saturação produzida por uma mesma quantidade de emanação varia com a forma e com as dimensões da camara em virtude da irradiação absorvida pelas paredes. Para camaras de formas semelhantes a intensidade  $I$  que seria obtida se todos os raios fossem totalmente utilizados se determina, em funcção da intensidade  $i$  realmente obtida em uma camara dada, pela formula experimental estabelecida por DUANE.

$$I = i \frac{1}{1 - K \frac{S}{V}}$$

na qual  $K = 0,52$  é uma constante,  $S$  a superficie das paredes em  $\text{cm}^2$  e  $V$  o volume da camara em  $\text{cm}^3$ .

A camara de experiencia, cujas dimensões são:

Altura . . . . . 20,8 cm.  
 Diametro . . . . . 7,6 cm., approximadamente.

tem um volume de cerca de  $900 \text{ cm}^3$  e deduz-se:

$$\frac{1}{1 - 0,52 \frac{S}{V}} = 1,523.$$

Admittindo-se que a corrente produzida pela emanação desprovida dos productos de desintegração seja, no mesmo aparelho, de 50 % da corrente maxima, conforme o prospecto de instrucções,

$$i = 0,50 \times 2,77 \cdot 10^{-3} = 1,39 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

Levando-se em conta a emanação destruida durante a medida cuja duração é de 3 a 4 horas.

$$\frac{i}{e \ 3 \ t} = \frac{1,39}{0,97} \cdot 10^{-3} = 1,433 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

Fazendo-se a correcção da irradiação absorvida.

$$I = 1,523 \times 1,433 \cdot 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S., aproximadamente.}$$

Mme. CURIE encontrou que para um condensador cylindrico de altura 12,5 cm., diametro 6,7 cm. e volume 440 cm<sup>3</sup>. a corrente produzida pela emanação saturada de 1 gr. de Radio é

$$2,5 \cdot 10^{-6} \text{ U. E. S. (1) ou } 1 \text{ Mm. C} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

valor bastante proximo do encontrado acima, tendo-se em vista as difficuldades experimentaes.

Pode-se attribuir a divergencia seja a um deperhecimento do padrão produzido pela oclusão no vidro, no decorrer do tempo, seja á applicação imperfeita da formula de DUANE, que é uma formula experimental, e á incerteza no valor das constantes fornecidas pelos fabricantes, o que parece mais provavel em face de outras discordancias verificadas.

De qualquer forma a approximação é de cerca de 12 %, perfeitamente compativel com as condições das medidas e com a sensibilidade do aparelho.

#### MEDIDA DA FONTE RADIOACTIVA (FONTE DA BEIJA): 4-7-935

Dispersão natural . . . . 0,003 volts/segundo.

Queda de voltagem . . . V = 1,145 — 0,003 = 1,142 volts/segundo.

Corrente de ionisação . . .  $i = \frac{C \cdot V}{300} = \frac{5,26 \times 1,142}{300} = 20,02 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$

Correcção devida á temperatura e pressão :

$$E = i (0,0007 (760 - 688,6) + 0,002 (17,8 - 15)) = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

$$I = i + E = 21,14 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

Emanação correspondente :  $\frac{21,14 \cdot 10^{-3}}{2,77 \cdot 10^{-3}} = 7,63 \text{ Mm. C}$

Factor de correcção :

$$K = \frac{1000}{500} \times \frac{1200+300+900}{900} \left( 1 + 0,25 \frac{500}{1200} \right) = 5,9$$

(1) — P. Curie — Traité de Radioactivité — Tomo II — pag. 365.

Radioactividade por litro de agua :

$$7,63 \times 5,9 = 45 \text{ Mm. C}$$

$$\text{seja : } 45 \times 2,5 = 112,5 \text{ U. Mache.}$$

#### METHODO ELECTROMETRICO

Corrente total de ionisação . . . . .	$21,14 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$
Corrente devida á emanação desprovida do deposito activo . . . . .	$0,50 \times 21,14 \cdot 10^{-3} = 10,57 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$
Correcção da emanação destruída durante a medida . . . . .	$\frac{10,57}{0,97} \cdot 10^{-3} = 10,9 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$
Correcção da radiação absorvida . . . . .	$10,9 \times 1,523 \cdot 10^{-3} = 16,6 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$
Factor de correcção . . . . .	5,9
Radioactividade por 1 litro . . . . .	$5,9 \times 16,6 \cdot 10^{-3} = 98 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$ ou 98 Unidades Mache.

com a approximação já verificada de cerca de 12 %.

Ha dez annos o valor encontrado para a mesma fonte foi de 146,5 Unidades Mache e dois annos mais tarde a medida repetida com o mesmo apparatus era de 125,6 Unidades Mache.

Nesses trabalhos utilizei um velho electrometro de SCHMIDT por mim restaurado e calibrado e como não dispunha das constantes do apparatus cheguei aos resultados por considerações theoricas, partindo de uma capacidade arbitraria e lançando mão das formulas de DUANE, que permitem exprimir a corrente de ionisação em unidade conhecida, o gramma segundo.

Por comparação com resultados conhecidos determinados com o FONTATOSCOPIO de Engler e Sieveking, verifiquei experimentalmente que se obtinham valores razoaveis, empregando-se, porém, a formula relativa á corrente maxima.

Naquella época mais interessavam os valores relativos em vista dos trabalhos de captação que se iniciavam e é possível e mesmo provavel que os resultados obtidos não fossem muito precisos. Verificasse, entretanto, que são bastante satisfactorios e as divergencias não excedem, talvez, de 20 %.

De facto a emanação dissolvida sendo um gaz obedece as leis de BOYLE E MARIOT e de HENRY, estando a radioactividade das fontes sujeita a oscillações com as condições metereologicas além de outras devidas a causas fortuitas ainda não esclarecidas.

Demais, mesmo as relações indicadas pelos diversos autores entre as unidades de medidas soffrem variações sensiveis. E' assim que segundo MAURICE CURIE 1 Mm. C = 2,75 U. Mache e para PIÉRY 1 Mm. C = 2,5 U. Mache, seja uma discordancia de cerca de 10 %. Estas relações dependem precisamente da corrente produzida em cada condensador pela unidade de emanação.

## AFERIÇÃO DA PEQUENA CAMARA DO ELECTROMETRO

Esta aferição foi feita, ha tempos, no proprio laboratorio, sendo despreziveis as correcções da temperatura e da pressão.

A camara tem as seguintes dimensões approximadas:

Altura . . . . .	6,8 cm.
Diametro . . . . .	7,6 cm.
Volume . . . . .	300 cm <sup>3</sup> .

O factor de correcção devido á absorpção das paredes, determinado pela formula de DUANE é o seguinte:

$$K = \frac{1}{1 - 0,52 \frac{S}{V}} = 1,75$$

Pode-se observar desde já que este factor não se applica satisfactoriamente á pequena camara porque resulta de uma formula experimental obtida comparando as correntes de saturação produzidas pela mesma quantidade de emanação em tres camaras cylindricas das seguintes dimensões:

	cm.	cm.	cm.
Altura . . . . .	58,6	23,9	12,6
Diametro . . . . .	33,4	10,83	6,7

Segundo o autor ella pode ser utilizada na pratica para os condensadores de dimensões correntes, cujo volume está comprehendido entre 450 cm<sup>3</sup> e 10 litros, não podendo se applicar a recipientes muito pequenos.

A capacidade electrostatica da pequena camara do Electrometro de SCHMIDT indicada pelo certificado de calibragem do aparelho é C = 3,80 cm.

A corrente de ionisação produzida pelo padrão, deduzida a dispersão natural, é a seguinte:

Queda de voltagem. . . . . V = 0,689 volts/segundo.

Corrente de ionisação. . . . .  $i = \frac{C \cdot V}{300} = \frac{3,80 \times 0,689}{300} = 8,73 \cdot 10^{-3}$  U. E. S.

Se 4,03 Mm. C = 8,73 . 10<sup>-3</sup> U. E. S.

1 Mm. C =  $\frac{8,73}{4,03} 10^{-3} = 2,17 \cdot 10^{-3}$  U. E. S.

E' esta a corrente de ionisação produzida na pequena camara por 1 Mm. C de emanação do Radio.

Pode-se determinar o factor de correcção á irradiação absorvida. Tomando-se por base o valor estabelecido por Mme. CURIE,

1 Mm. C = 2, 5 . 10<sup>-3</sup> U. E. S.

sendo de 50 % a corrente produzida pela emanação sem o deposito activo

$$i = 0,50 \times 2,17 \cdot 10^{-3} = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

Correcção da emanção destruída durante a medida

$$I = \frac{i}{e h t} = \frac{1,08}{0,97} 10^{-3} = 1,11 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

Deduz-se  $2,5 \cdot 10^{-3} = K \cdot 1,11 \cdot 10^{-3}$

$$K = \frac{2,5}{1,11} = 2,25 \text{ aproximadamente,}$$

que é o factor de correcção da irradiação absorvida tomando-se a capacidade  $C = 3,80$  indicada pelo certificado.

Entretanto o prospecto de instrucções N.º 41 de Spindler e Hoyer, de Göttingen, que acompanha o mesmo aparelho, indica para a mesma camara uma capacidade diferente  $C = 4,86$ .

Reproduzindo os calculos com esta ultima capacidade teremos:

Corrente de ionisação. . . . .  $i = \frac{C \cdot V}{300} = \frac{4,86 \times 0,689}{300} = 11,16 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$

Deduz-se  $4,03 \text{ Mm. } C = 11,16 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$

e  $1 \text{ Mm. } C = \frac{11,16}{4,03} 10^{-3} = 2,77 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$

Verificação do padrão empregando o factor correctivo deduzido da formula de DUANE  $K = 1,75$ .

Corrente devida á emanção . . .  $i = 0,50 \times 2,77 \cdot 10^{-3} = 1,385 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$

Correc. da emanção destruída.  $I = \frac{i}{e K t} = \frac{1,38}{0,97} 10^{-3} = 1,42 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$

Correcção da radiação absorvida  $1,75 \times 1,42 \cdot 10^{-3} = 2,49 \cdot 10^{-3}$

valor perfeitamente concordante com o obtido por Mme. CURIE.

Parece assim que a capacidade indicada pelo prospecto,  $4,86$  encerra em si o factor correctivo que permite tornar comparaveis as medidas feitas com a pequena e com a grande camara e que as capacidades indicadas pelo certificado de calibragem não encerram, como se poderia suppôr, o factor correctivo devido á irradiação absorvida pelas paredes do aparelho.

Fazendo-se então os calculos electrometricos são necessarias as seguintes correcções:

GRANDE CAMARA :

Capacidade . . . . .  $C = 5,26$  (Certificado)

Correcção devida á radiação absorvida . .  $K = 1,52$  aproximadamente

PEQUENA CAMARA :

Capacidade . . . . .  $C = 3,80$  (Certificado)

Correcção devida á radiação absorvida . .  $K = 2,25$

Capacidade . . . . .  $C = 4,86$  (Prospecto n. 41)

Correcção devida á radiação absorvida . .  $K = 1,75$ .

Estas considerações são necessarias para esclarecer divergencias suscitadas por alguns investigadores que têm se occupado do assumpto entre nós.

E' evidente que as medidas feitas com condensadores differentes não podem ser concordantes, não se levando em conta a irradiação absorvida.

## PESQUIZA DA EMANAÇÃO DO THORIO NA FONTE RADIOACTIVA DO BARREIRO DO ARAXA'

As medidas da radioactividade da FONTE RADIOACTIVA DO BARREIRO DO ARAXA' feitas cuidadosamente no periodo de 1 a 7 de Julho de 1935 revelavam uma actividade residual bastante sensivel, mais de 4 horas depois de expellida a emanação da camara de ionisação. Este facto, passando mais ou menos despercebido na pequena camara, tornou-se muito acentuado nas experiencias feitas com a grande camara, em virtude do seu volume consideravel e maior superficie de exposição. E' assim que na experiencia do dia 5-7-935, 20 horas depois de extrahida a emanação do aparelho, a actividade residual correspondia a 13 millivolts por segundo, decrescendo segundo uma lei exponencial para attingir a 8 millivolts no fim de 26 horas a partir do inicio da desactivação.

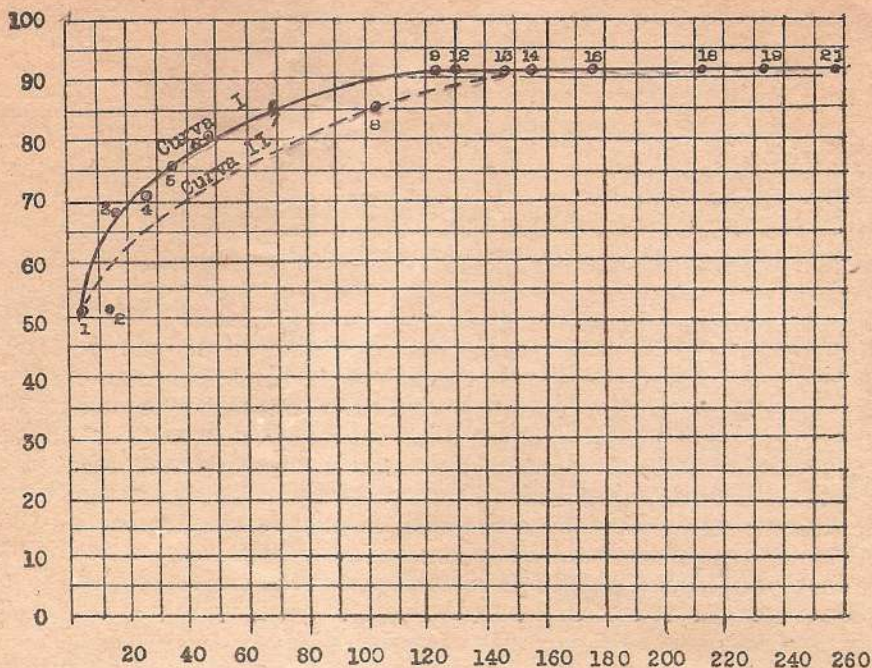
A dispersão natural do aparelho era de 3 millivolts por segundo.

De outro lado o traçado da curva da evolução da actividade durante as 4 horas consecutivas á introducção da emanação no condensador (Fig. 1) indica um recuo para a esquerda do valor maximo da corrente de ionisação, que era attingido em cerca de 123 minutos (ponto 9) ao passo que na curva normal da evolução da emanação do Radio este maximo deveria ser attingido em um tempo comprehendido entre 180 e 240 minutos.

Estas observações suggeriam a probabilidade da intercorrença da emanação do Thorio e traçando-se a curva theorica da evolução da emanação do Radio, (curva II, fig. 1) nota-se que a curva experimental I pode ser considerada como a superposição da curva II e de uma curva relativa á evolução da radioactividade induzida da emanação do Thorio, correspondente a uma exposição curta.

Em face destes resultados realisei uma nova experiencia effectuando outra medida com a agua da mesma fonte depois de submettida á ebullição prolongada.

A agua foi fervida durante mais de uma hora tendo-se a certeza da eliminação completa das emanações dissolvidas. Depois de resfriada foi collocada na camara de agitação, agitada durante 5 minutos, como nas experiencias anteriores e o gaz insuflado no condensador durante 10 minutos, depois de filtrado atravez de algodão para reter as finas gottas de agua e o deposito activo formado no seio do liquido.



Curva experimental da evolução da actividade da emanção do Radio.  
Experiencia do dia 4-7-1935.

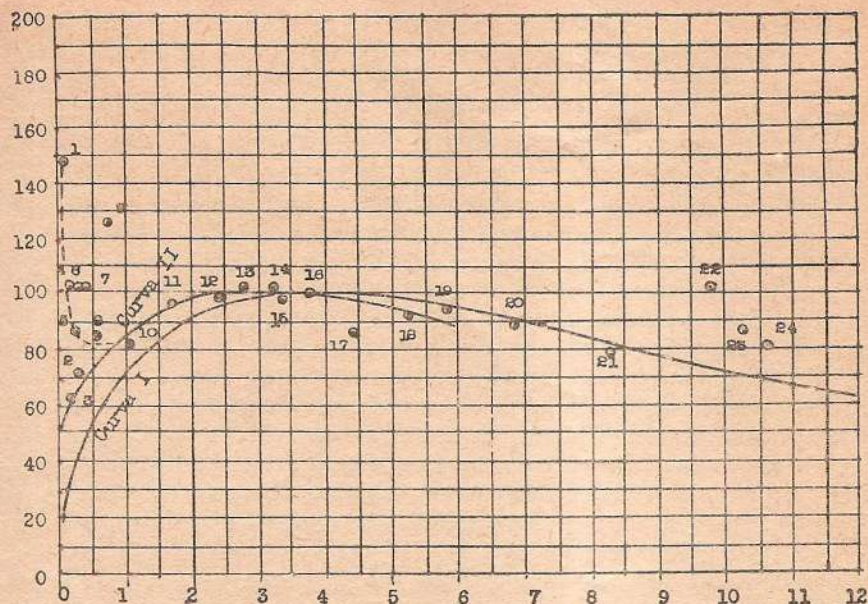
Verificou-se uma actividade consideravel evoluindo segundo a lei exponencial caracteristica da radioactividade induzida da emanção do Thorio — (Fig. 2).

A actividade inicial era de 148,5 e a actividade observada cerca de 24 horas a partir do inicio era ainda de 74,2 sendo 10,5 a dispersão natural.

Analysando a curva da fig. 2 observa-se o seguinte:

Nos vinte minutos iniciaes ha uma oscillação da intensidade que se pode attribuir ao periodo da insuflação e á desagregaçao da emanção, tendendo finalmente para o estado de equilibrio correspondente á formação do deposito activo.

Traçando-se a curva theorica I da evolução da radioactividade induzida da emanção do Thorio, relativa a uma exposiçao curta, tomando-se a actividade maxima correspondente ao tempo de 220 minutos, verifica-se que o ramo da esquerda comprehendido entre o maximo e a origem se afasta sensivelmente dos pontos da curva experimental. Este facto que á primeira vista parece anormal tem, entretanto, sua explicação logica. Effectivamente, de accordo com as observações de HANH e MEITNER as leis de evolução do deposito activo são differentes conforme se acha ou não presente o Thorio A.



Curva experimental da evolução da actividade da emanção do THORIO.  
 Experiencia o dia 7-7-1935.  
 Agua depois de submettida á ebulição prolongada.

Segundo LERCH o Thorio A. em equilibrio com o Thorio B, não é inactivo como se suppunha, dando lugar á emissão de Raios muito absorvíveis.

Deve-se concluir que a curva I representando o accrescimento dá irradiação  $\alpha$ , corresponde á curva de evolução da irradiação total da radioactividade induzida relativa á exposição curta. A intensidade inicial é praticamente nulla, attingindo o maximo em 220 minutos, aproximadamente.

A curva II é relativa á evolução da irradiação  $\beta$  cuja intensidade inicial é de cerca de 43 % do valor maximo que é attingido em 170 minutos.

Na experiencia todos os constituintes do deposito activo se achavam inicialmente em equilibrio por provirem da desagregação de certa quantidade de emanção insuflada no condensador e o afastamento apparente, no periodo inicial, entre a curva theorica I e a curva experimental é antes um argumento em favor da bõa concordancia desta ultima. De facto as curvas experimentaes I e II apresentam uma concordancia notavel com as curvas theoricas deduzidas das observações de HANH e LERCH (1).

(1) P. Curie — Tomo II pg. 396.

A partir do ponto 22, correspondente ao tempo de 9 horas e 47 minutos, a curva experimental se afasta sensivelmente da theorica.

Este periodo corresponde ás observações realizadas durante a noite, verificando-se um abaixamento de temperatura e exactamente neste ponto está registrada na minha caderneta a seguinte nota: "valores discordantes. Casa fechada". Deve-se evidentemente attribuir o afastamento ás variações metereologicas que alteraram totalmente as condições experimentaes e aos raios secundarios emittidos pelo deposito activo em suspensão no ar confirmado. De facto já havia observado que deixando as torneiras da camara abertas durante a noite, na manhã seguinte se verificava uma actividade consideravel. Naturalmente com o abaixamento da temperatura o ar encerrado na camara se contrahia dando lugar á aspiração de ar exterior carregado de deposito activo. Essa actividade desaparecia fazendo-se o vacuo no condensador e deixando penetrar ar fresco, voltando o aparelho á sua dispersão natural normal.

Deve-se concluir que a agua examinada, mesmo depois de fervida prolongadamente é uma fonte de producção da *emanação do Thorio* e portanto contem em solução os corpos geradores o THORIO X e muito provavelmente RADIOTHORIO.

Estou proseguindo as pesquisas no sentido de precisar a presença deste ultimo elemento.

Em todas as experiencias a camara do aparelho estava ligada á terra e a folha do electrometro mantida permanentemente em carga.

Em 1927 caracterisei em uma série de experiencias a presença de corpos radioactivos, productos da desintegração da emanação do Thorio, na emergencia das fontes thermaes de CALDAS DA IMPERATRIZ, no Estado de Santa Catharina. Cerca de um anno mais tarde repeti as mesmas experiencias e os resultados foram plenamente confirmados. O methodo empregado então consistia em estudar a curva da evolução da radioactividade induzida dos discos metallicos expostos á activação nos gazes expontaneos das fontes, bem como dos discos activados por imersão na agua.

No anno passado o meu collega Dr. João Bruno Lobo chegou a resultados semelhantes, empregando os mesmos methodos nas fontes de Salvaterra, no Municipio de Juiz de Fôra.

Em uma introdução ao trabalho do Dr. Bruno Lobo diziu eu: "Em vista das condições geologicas da emergencia da grande maioria das fontes thermaes brasileiras e mesmo de muitas fontes potaveis, julgo extremamente provavel que a occorrenca de elementos radioactivos, productos da desintegração dos corpos da familia do Thorio, seja um facto constante em que essas fontes emergem atravez das formações crystallinas. Tenho observado, effectivamente, que os planos de emergencia dessas fontes são geralmente constituídos pelos contactos de diques pegmaticos com as rochas encaixotantes e essas rochas graniticas são precisamente as matrizes dos mineraes raros em Thorio, principalmente a Monazita".

De uma série de estudos realizados nas fontes do Planalto Central e dos Pyreneus, ADOLPHE LEPAPE concluiu que o numero das fontes onde o Thoron foi assignalado é muito restricto, ao contrario do que suppunham P. CURIE e A. LABORDE.

Em cerca de 200 fontes do Colorado apenas em uma foi encontrado o Thorio e segundo LEPAPE para nenhuma das fontes dos Pyreneus subsiste uma actividade sensivel no fim de 4 horas e para as fontes do Planalto Central foram caracterisados apenas traços do Thorio.

Tem-se que concluir que as fontes brasileiras são realmente privilegiadas, sob este ponto de vista e o facto avulta de interesse tendo-se em vista o conceito de M. PIÉRY, professor de Hydrologia Therapeutica na Faculdade de Medicina de Lyon, segundo o qual "seria interessante verificar-se a participação ou não da emanação do Thorio sobre a radioactividade das fontes mineraes. Os resultados obtidos seriam de natureza a fornecer indicações novas, muito preciosas, nas curas thermaes radioactivas".

E' possivel fazer-se uma idéa approximada da influencia da emanação do Thorio na FONTE RADIOACTIVA DO BARREIRO.

A intensidade total da corrente de ionisação relativa a 500 c. c. de agua, medida no fim de 3 horas era de  $I = 21,14 \cdot 10^{-3}$  U. E. S.

Na experiencia com agua fervida a corrente de ionisação no fim de 3 horas era, para 800 c. c. de agua,

$$\frac{C \cdot V}{300} = \frac{5,26 \times 0,023}{300} = 0,403 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.}$$

e para 500 c. c. de agua,

$$i = \frac{500}{800} \cdot 0,403 \cdot 10^{-3} \text{ U. E. S.} = 0,25 \cdot 10^{-3}$$

A corrente equivalente á radioactividade induzida seria, no momento da medida,

$$\frac{100 \times 0,25 \times 10^{-3}}{21,14 \times 10^{-3}} = 1,18 \% \text{ approximadamente.}$$

Esta intensidade provem dos productos de desintegração da emanação do Thorio presente no inicio da operação e como a intensidade da irradiação de um corpo radioactivo é inversamente proporcional ao seu periodo de desactivação que é de 54 segundos para a emanação do Thorio e 10,6 horas para o seu depósito activo, a percentagem de Thoron é certamente bastante elevada.

E' evidente que esta corrente equivalente á radioactividade induzida varia com o tempo da insuflação da emanação no condensador e medidas mais precisas devem ser feitas para se chegar a resultados quantitativos.

Respondendo, ha tempos, uma consulta do Professor Renato de Souza Lopes, da Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro, relativamente ao teor de 12,7188 Microcuries de emanação do Radio por 10

litros de agua, attribuido ás fontes de Lindoya pelo Dr. Paulo de Andrade, affirmava eu que este resultado parecia excessivamente elevado e devia ser recebido com reservas até ulterior confirmação. Assim opinava sobretudo porque, tendo em vista o methodo adoptado pelo autor, que consistiu na medida da actividade do sulfato de baryo precipitado no seio do liquido, essas aguas deveriam conter a substancia radifera, em solução, na mesma proporção.

Sabe-se de facto que neste methodo indicado por LOISEL, o sulfato de baryo precipitado arrasta comsigo o Radio, o Thorio X e o Actinio X e os depositos activos correspondentes, não sendo um methodo de medida da emanação que não pode ser arrastada, devido á sua natureza gazosa.

Baseando-se nos trabalhos do Dr. Paulo de Andrade, deve-se admittir ser muito provavel que as aguas de Lindoya conttenham tambem o Thorio X ou Radiothorio em solução e que os resultados obtidos pelo autor não tenham sido bem interpretados e expressos, em Microcuries, que é uma unidade de medida da emanação do Radio.

Que a substancia radifera em solução não é o Radio, pode-se concluir, porque neste caso seria revelado pelas medidas effectuadas por outros investigadores pelo processo commum da emanação.

A meu pedido seguio para Lindoya o Dr. João Bruno Lobo, afim de verificar a procedencia desta asserção.

Julho de 1935.

---

## Nota

### RADIOACTIVIDADE DAS AGUAS DE LINDOYA

Na minha ultima nota á ACADEMIA BRASILEIRA DE SCIENCIAS, relativa á occorrenca da emanação do THORIO na emergencia da Fonte Radioactiva (FONTE DA BEIJA) do Araxá, dizia eu que a se louvar nos trabalhos realisados pelo Dr. Paulo de Andrade, as aguas thermaes de LINDOYA deveriam conter, do mesmo modo que as do ARAXA' o RADIOTHORIO ou THORIO X em solução.

Em pesquisas recentes realisadas a meu pedido, o Dr. JOÃO BRUNO LOBO, estudando a evolução da actividade induzida no electrometro, depois de extrahido o gaz encerrando as emanações dissolvidas nas mesmas aguas e obtido pelo methodo da agitação, verificou que após cinco horas a partir do inicio da desactivação existia ainda na camara uma actividade residual bastante elevada.

Fazendo-se igual a 100 a intensidade da irradiação no inicio da desactivação, depois de 5 horas esta actividade era ainda 32, sendo

0,33 a dispersão natural, exprimindo-se estes valores em divisões da escala por minuto.

As experiencias repetidas com a agua, depois de submettida á ebulição prolongada de modo a se expellir as emanções dissolvidas, não foram entretanto, tão decisivas como na fonte do ARAXA'.

O precipitado de sulfato de baryo, obtido por precipitação no seio da agua conforme a technica conhecida, transportado para o Laboratorio e levado ao electrometro de substancias solidas, apresenta porém, uma actividade notavel, determinando na camara uma radioactividade induzida consideravel evoluindo, depois de retirado o disco contendo o precipitado, sendo a lei da evolução do deposito activo da emanção do THORIO.

E' assim que para uma exposição de 20 horas a actividade residual era de 38 divisões da escala por minuto, no fim de 5 horas, aproximadamente, a partir do inicio da dasactivação.

Este sulfato de baryo precipitado tambem imprime fortemente a chapa photographica e não ha duvida que contem o THORIO X e com toda probabilidade o RADIOTHORIO, uma vez que apresenta actividade tão consideravel quasi um mez depois de obtido.

Os mesmos resultados foram obtidos com o sulfato de baryo precipitado na Fonte Radioactiva do ARAXA', porém, com maior intensidade.

O Dr. BRUNO LOBO informa ter realisado a prova em branco com os reactivos empregados, não verificando actividade sensivel.

Esta prova não foi ainda repetida no Laboratorio devido a um atrazo da bagagem.

Foram, entretanto, feitas experiencias com o chloreto de baryo da mesma procedencia, (KAHLBAUM), tambem sem resultados positivos.

Comprehende-se que assumptos desta natureza exigem pesquisas mais prolongadas e cuidadosas, antes de conclusões definitivas e novos trabalhos devem ser realisados em LINDOYA.

E' interessante observar que entre as amostras de rochas desta procedencia trazidas pelo Dr. JOÃO BRUNO LOBO, ocorre um leptynolito resultante da feldspathisação de um quartzito e uma rocha alterada por acção hydrothermal que é provavelmente uma eruptiva relacionada ao magna nephelinico que ocorre em ARAXA' e em quasi todos os pontos de emergencia de aguas mineraes no Paiz.

Rio de Janeiro, 10 de Agosto de 1935.

333  
J9

e  
FCCB - AF