

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DE CURVAS DE ISODOSE NO AR PARA RADIAÇÃO
BETA E BREMSSTRAHLUNG

LINDA V. EHLIN CALDAS

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

INTRODUÇÃO

AS FONTES DE ^{90}Sr E ^{85}Kr SÃO MUITO UTILIZADAS EM SISTEMAS DE MEDIÇÃO E CONTROLE DE ESPESURA DE MATERIAIS, EM ESCALA INDUSTRIAL.

O INSTRUMENTO MAHLO, FABRICADO NA ALEMANHA, CONTÉM UM EMISSOR RADIOATIVO EMBUTIDO DE ^{85}Kr , DE ATIVIDADE 100mCi (FIG. 1). ESTE APARELHO TEM 64cm DE ALTURA E CERCA DE 30 X 30cm² DE BASE. APRESENTA UM CABEÇOTE, ONDE A FONTE RADIOATIVA ENCONTRA-SE INTERNAMENTE, VOLTADA PARA BAIXO. OS MATERIAIS A SE REM EXAMINADOS PASSAM ATRAVÉS DO INSTRUMENTO, QUE É DOTADO DE DUAS PLACAS CONCAVAS, NA DIREÇÃO DA QUAL A FONTE FICA VOLTADA.

A FINALIDADE PRINCIPAL DESTES TRABALHOS FOI A DETERMINAÇÃO DOS VALORES DA TAXA DE DOSE ABSORVIDA NO AR PARA A OBTENÇÃO DAS CURVAS DE ISODOSE, TANTO PARA A RADIAÇÃO BETA COMO PARA A RADIAÇÃO BREMSSTRAHLUNG DA FONTE EM QUESTÃO, A DIVERSAS DISTÂNCIAS (NA REGIÃO ONDE SE LOCALIZAM OS OPERADORES DO INSTRUMENTO).

O MÉTODO UTILIZADO MOSTROU-SE EFICIENTE PARA A DETERMINAÇÃO DOS CAMPOS DE RADIAÇÃO E PODE SER SEGUIDO PARA FONTES COM APLICAÇÕES TANTO INDUSTRIAIS COMO MÉDICAS.

MATERIAIS E MÉTODOS

FORAM UTILIZADOS QUATRO SISTEMAS DE MEDIDA:

- a) CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO;
- b) DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES;
- c) FILMES DE MAMOGRAFIA;
- d) DETECTOR DE CINTILAÇÃO.

A CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO, QUE É O SISTEMA DE REFERÊNCIA PARA RADIAÇÃO BETA, É UMA CÂMARA DE IONIZAÇÃO ESPECIAL, DE PLACAS PARALELAS, DE VOLUME VARIÁVEL, COM JANELA DE ENTRADA DE ESPESURA FINA E COM ELETRODO COLETOR DE MATERIAL EQUIVALENTE A TECIDO. A CORRENTE DE IONIZAÇÃO É MEDIDA VARIANDO-SE A DISTÂNCIA ENTRE OS ELETRODOS, OBTENDO-SE A CURVA DE EXTRAPOLAÇÃO; O COEFICIENTE ANGULAR DA RETA OBTIDA É PROPORCIONAL À TAXA DE DOSE ABSORVIDA NO AR.

OS DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES DE $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Tm}$ DE ESPESURA 60µm FORAM USADOS ENVOLTOS EM FOLHAS DE PLÁSTICO MAKROFOL (1,22mg/cm²) DURANTE AS IRRADIAÇÕES.

OS FILMES DE MAMOGRAFIA FORAM UTILIZADOS NESTE TRABALHO APENAS PARA CONFIRMAR OS DADOS JÁ OBTIDOS PELAS OUTRAS TÉCNICAS.

A CALIBRAÇÃO DO DETECTOR DE CINTILAÇÃO FOI REALIZADA ATRAVÉS DOS DO SÍMETROS TERMOLUMINESCENTES DE $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

a) CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO

A CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO PERMITIU A DETERMINAÇÃO DA TAXA DE DOSE ABSORVIDA NO AR À DISTÂNCIA GERALMENTE UTILIZADA PARA CALIBRAÇÃO NO CASO DE RADIAÇÃO BETA (30cm), ATRÁS DE UMA CAMADA DE $5,7\text{mg}/\text{cm}^2$ DE DENSIDADE SUPERFICIAL EQUIVALENTE A TECIDO:

$$\dot{D} = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{Gy/h (107mrad/h)}$$

A VARIAÇÃO COM A DISTÂNCIA DA INTENSIDADE DESTA RADIAÇÃO FOI DETERMINADA ENTRE 20 E 60cm: FIG. 2. TEM-SE UMA RETA NO GRÁFICO LOGARÍTMICO SEM, ENTRETANTO, SEGUIR APENAS A LEI DO INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA. NESTE CASO TEM-SE PARA O PARÂMETRO DISTÂNCIA A POTÊNCIA 3,6.

FORAM AINDA DETERMINADOS OS FATORES DE TRANSMISSÃO EM FUNÇÃO DA ESPESSURA DA CAMADA ABSORVEDORA EQUIVALENTE A TECIDO: FIG. 3 E TABELA 1.

b) DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES

COM O OBJETIVO DE SE OBTER UM PERFIL DO COMPORTAMENTO VERTICAL DA INTENSIDADE DA RADIAÇÃO, OS DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES DE $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ FORAM EXPOSTOS À RADIAÇÃO À DISTÂNCIA DE 25cm DA FONTE, VARIANDO-SE A ALTURA EM RELAÇÃO À BASE DO INSTRUMENTO MAHL0 ENTRE 7 E 70cm. O RESULTADO PODE SER VISTO NA FIG. 4, ONDE FORAM REPRESENTADOS OS VALORES DA TAXA DE DOSE ABSORVIDA NO AR EM FUNÇÃO DA ALTURA. FOI MARCADA A POSIÇÃO DO CENTRO DA ABERTURA (31cm DE ALTURA), QUE NÃO COINCIDE COM A POSIÇÃO DA TAXA DE DOSE MÁXIMA, DEVIDO À SITUAÇÃO GEOMÉTRICA DA FONTE DENTRO DO INSTRUMENTO.

A CONSTATAÇÃO DA RADIAÇÃO SER BETA FOI REALIZADA, RECORRENDO-SE AS AMOSTRAS TERMOLUMINESCENTES COM PLACAS DE PLEXIGLAS DE 10mm DE ESPESSURA.

VARIANDO-SE A DISTÂNCIA ENTRE OS DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES E A FONTE ENTRE 25 E 100cm FOI OBSERVADO O MESMO COMPORTAMENTO QUE COM A CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO.

A TAXA DE DOSE ABSORVIDA NO AR, DETERMINADA À DISTÂNCIA DE 30cm, COMO NO CASO DA CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO, APRESENTOU O VALOR:

$$D = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{Gy/h (115mrad/h)}$$

COMPARANDO-SE OS DOIS VALORES, PODE-SE NOTAR UMA DIFERENÇA DE APENAS

7,5%, QUE ESTÁ PERFEITAMENTE DENTRO DO USO EXPERIMENTAL DO TIPO DE ARRANJO EM QUESTÃO. ESTA CONCORDÂNCIA FOI PORTANTO CONSIDERADA EXCELENTE.

c) FILMES DE MAMOGRAFIA

OS FILMES DE MAMOGRAFIA FORAM EXPOSTOS À RADIAÇÃO DA FONTE DE ^{85}Kr A DISTÂNCIA DE 25cm, NAS MESMAS CONDIÇÕES QUE OS DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES. AS MEDIDAS DE DENSIDADE ÓPTICA DESTES FILMES PERMITIRAM OBTER O MESMO RESULTADO MOSTRADO NA FIG. 4.

d) DETECTOR DE CINTILAÇÃO

TENDO-SE EM VISTA A DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE ISODOSE, AS MEDIDAS COM O DETECTOR DE CINTILAÇÃO FORAM FEITAS ÀS DISTÂNCIAS DE 25, 50, 75 E 100cm DA FONTE E ÀS ALTURAS DE 7, 31 E 55cm. PARA CADA UMA DESTAS POSIÇÕES FORAM REALIZADAS QUATRO MEDIDAS: COM FONTE ABERTA E FECHADA, COM E SEM UMA PLACA ABSORVEDORA DE RADIAÇÃO BETA, DE PLEXIGLAS DE 10mm DE ESPESSURA. NESTAS CONDIÇÕES FOI AINDA VARIADO O ÂNGULO EM RELAÇÃO A UMA POSIÇÃO FIXA DO INSTRUMENTO MANLO, ENTRE 0° E 90°, EM INTERVALOS DE 30°.

NA FIG. 5 TEM-SE AS CURVAS DE ISODOSE PARA AS TAXAS DE DOSE 0,1, 0,2, 0,5 E 1,0mGy/h (0,20, 50 E 100mrad/h). ESTES DADOS SÃO OBTIDOS NO AR, ATRÁS DE UMA CAMADA ABSORVEDORA DE 7mg/cm², DE MODO QUE SE POSSA EQUIPARÁ-LOS COM A DOSE DA PELE DO CORPO. DESTAS MEDIDAS RESULTAM DOIS LIMITES DE CONTROLE. O LIMITE 1 CORRESPONDE À ISODOSE DE 43,2μGy/h (4,32 mrad/h), QUE LEVA A 90mSv/ano (9rem/ano), O QUE REPRESENTA 3/10 DA DOSE MÁXIMA PERMISSÍVEL ANUAL DE 300mSv (30rem) PARA A PELE DO CORPO TODO, EM REGIME DE TRABALHO DE 40 HORAS POR SEMANA. COMO É POUCO PROVÁVEL A OCORRÊNCIA DE UMA IRRADIAÇÃO DE CORPO INTEIRO, DEVIDO À RAZÕES GEOMÉTRICAS, FOI MARCADO NA FIG. 5 TAMBÉM O LIMITE 2. ESTE CORRESPONDE À ISODOSE DE 10,8μGy/h (108 mrad/h), QUE LEVA A 225mSv/ano (22,5rem/ano), REPRESENTANDO 3/10 DA DOSE MÁXIMA PERMISSÍVEL ANUAL DE 750mSv (75rem) PARA EXPOSIÇÕES DAS MÃOS, ANTEBRAÇOS, ETC., NAS MESMAS CONDIÇÕES DE 40 HORAS DE TRABALHO POR SEMANA.

COM A FONTE FECHADA NÃO FOI DETECTADA RADIAÇÃO BETA.

AS CURVAS DE ISODOSE DA RADIAÇÃO BREMSSTRAHLUNG ESTÃO REPRESENTADAS NA FIG. 6 PARA AS TAXAS DE DOSE ABSORVIDA NO AR DE 1,0, 2,0 E 5,0μGy/h (0,1, 0,2 E 0,5mrad/h). PARA A DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE CONTROLE NESTE CASO FOI USADA A DOSE PARA O CORPO INTEIRO. ESTE LIMITE CORRESPONDE À CURVA DE ISODOSE DE 7,2μGy/h (0,72mrad/h) E REPRESENTA O LIMITE DE UMA REGIÃO NA QUAL 3/10 DA DOSE MÁXIMA PERMISSÍVEL ANUAL DE 50mSv (5rem) PODE SER ATINGIDO.

AS CURVAS DE ISODOSE DAS FIG. 5 E 6 FORAM FEITAS PARA A ALTURA DE 31cm, QUE É A POSIÇÃO DA ABERTURA DO INSTRUMENTO MANLO.

A FIG. 7 APRESENTA AS CURVAS DE ISODOSE EM PLANO VERTICAL, ONDE SE

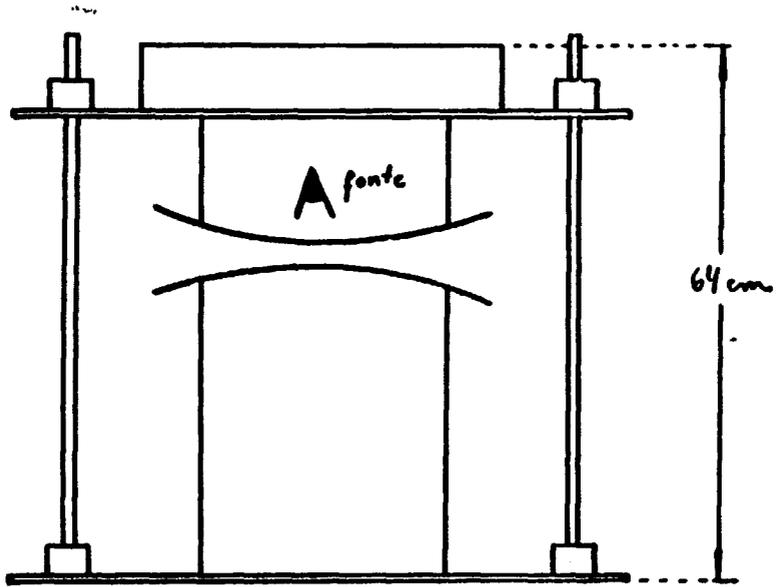
PODE OBSERVAR UMA SIMETRIA APROXIMADA. A RADIAÇÃO BREMSSTRAHLUNG EXISTE MESMO COM FONTE FECHADA.

CONCLUSÕES

O OPERADOR DO INSTRUMENTO EM QUESTÃO DEVERÁ MANTER UMA DISTÂNCIA MÍNIMA APROXIMADA DE 65cm DA FONTE ENQUANTO ESTA ESTIVER ABERTA (SISTEMA LIGADO). COM FONTE FECHADA, ENTRETANTO, A DISTÂNCIA MÍNIMA A SER OBSERVADA É APROXIMADAMENTE DE 22cm.

**TABELA 1: FATOR DE TRANSMISSÃO, FONTE DE ^{85}Kr
DISTÂNCIA FONTE-DETECTOR: 21cm**

| ESPESSURA DE TECIDO | | FATOR DE TRANSMISSÃO |
|---------------------|--------------------|----------------------|
| mm | mg/cm ² | |
| 0,01 | 1 | 1,000 |
| 0,03 | 3 | 0,999 |
| 0,05 | 5 | 0,990 |
| 0,07 | 7 | 0,980 |
| 0,10 | 10 | 0,940 |
| 0,20 | 20 | 0,735 |
| 0,50 | 50 | 0,285 |
| 1,00 | 100 | 0,065 |



ESQUEMA DO INSTRUMENTO MAÍLO

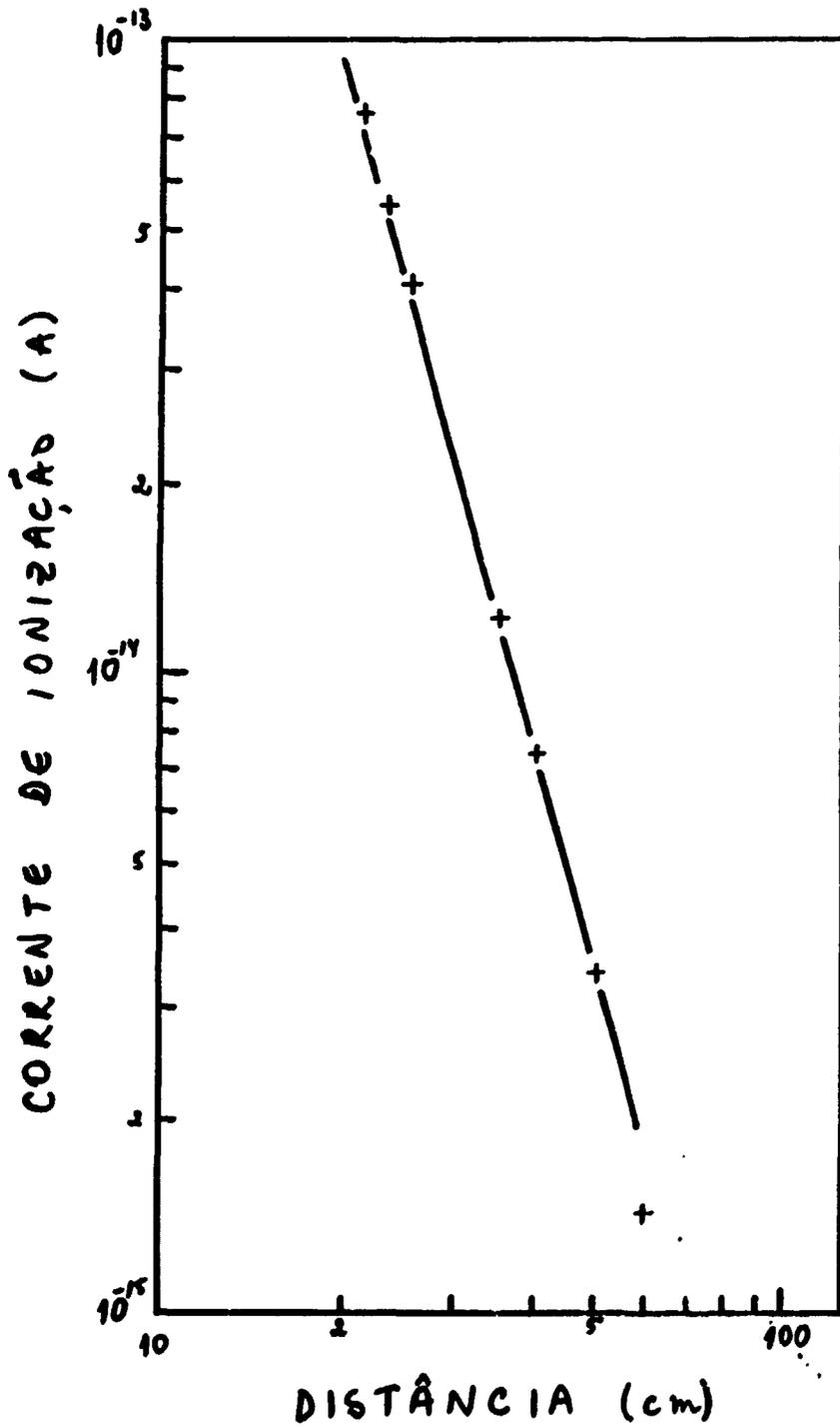


FIG. 1: VARIAÇÃO DA CORRENTE DE IONIZAÇÃO COM A DISTÂNCIA ENTRE A CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO E A FONTE DE ^{85}Kr DO INSTRUMENTO MULLER.

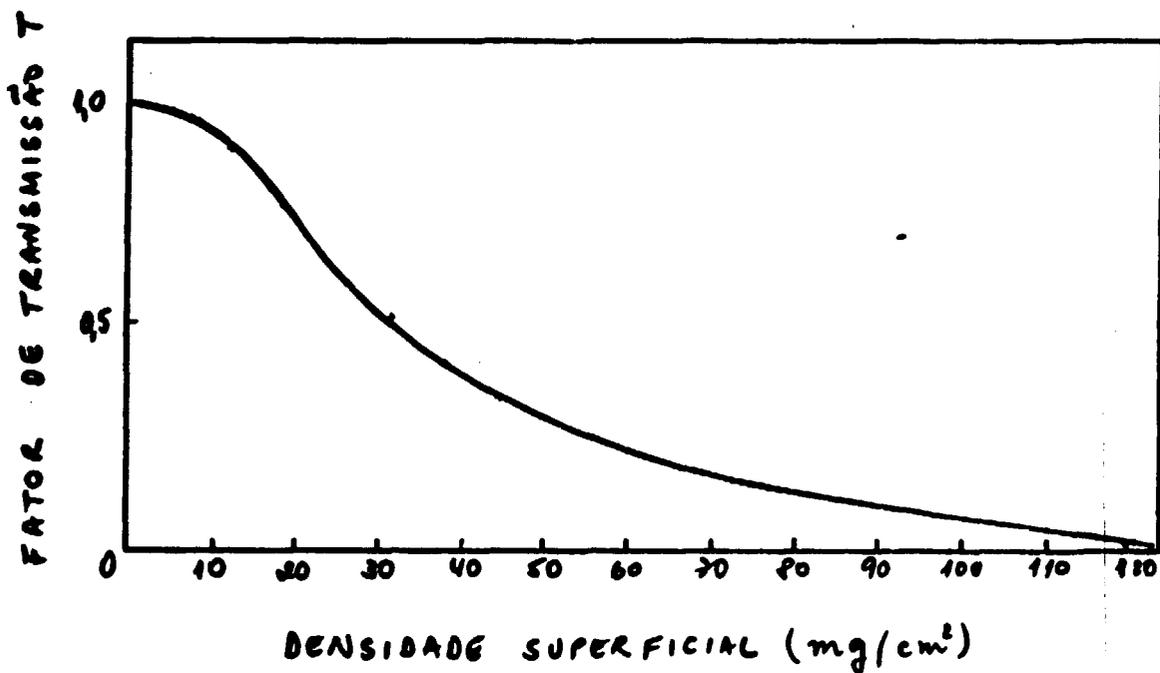


FIG. 2: FATORES DE TRANSMISSÃO PARA A FONTE DE ^{85}Kr DO INSTRUMENTO MAILO EM CAMADA ABSORVEDORA EQUIVALENTE A TECIDO, UTILIZANDO-SE A CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO.

TABELA 1: FATOR DE TRANSMISSÃO, FONTE DE ^{85}Kr
DISTÂNCIA FONTE-DETECTOR: 21cm

| ESPESSURA DE TECIDO | | FATOR DE TRANSMISSÃO |
|---------------------|--------------------|----------------------|
| mm | mg/cm ² | |
| 0,01 | 1 | 1,000 |
| 0,03 | 3 | 0,999 |
| 0,05 | 5 | 0,990 |
| 0,07 | 7 | 0,980 |
| 0,10 | 10 | 0,970 |
| 0,20 | 20 | 0,735 |
| 0,50 | 50 | 0,285 |
| 1,00 | 100 | 0,065 |

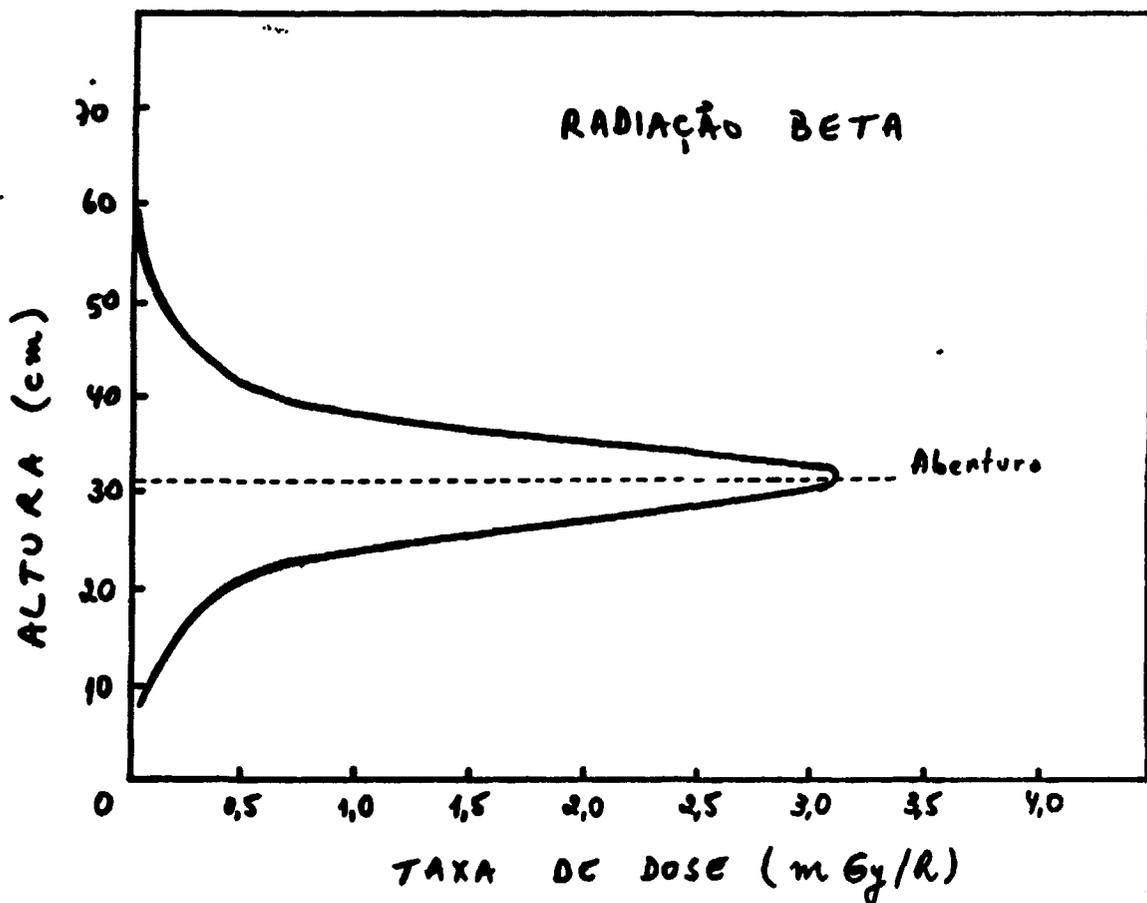


FIG. 3: PERFIL DA TAXA DE DOSE DA RADIAÇÃO BETA (^{85}Kr). MEDIDAS A DISTÂNCIA DE 25cm DO CENTRO DO INSTRUMENTO MAHLO.

RADIAÇÃO BETA

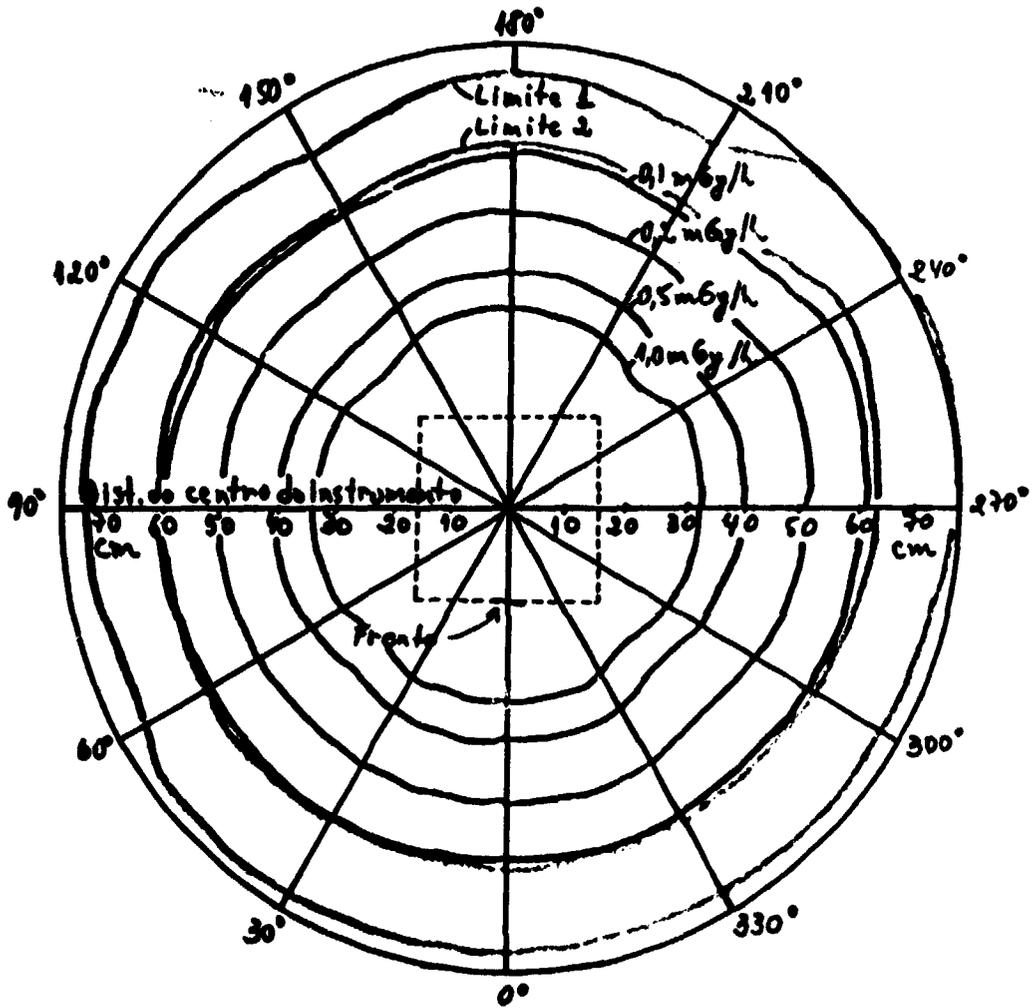


FIG. 4: CURVAS DE ISODOSE (À ALTURA DE 31cm) DA RADIAÇÃO BETA DA FONTE ^{85}Kr (INSTRUMENTO MAHLO). OS LIMITES 1 E 2 REPRESENTAM TAXAS DE DOSE DE 43,2 E 108 $\mu\text{Gy/h}$.

RADIAÇÃO BREMSSTRAHLUNG

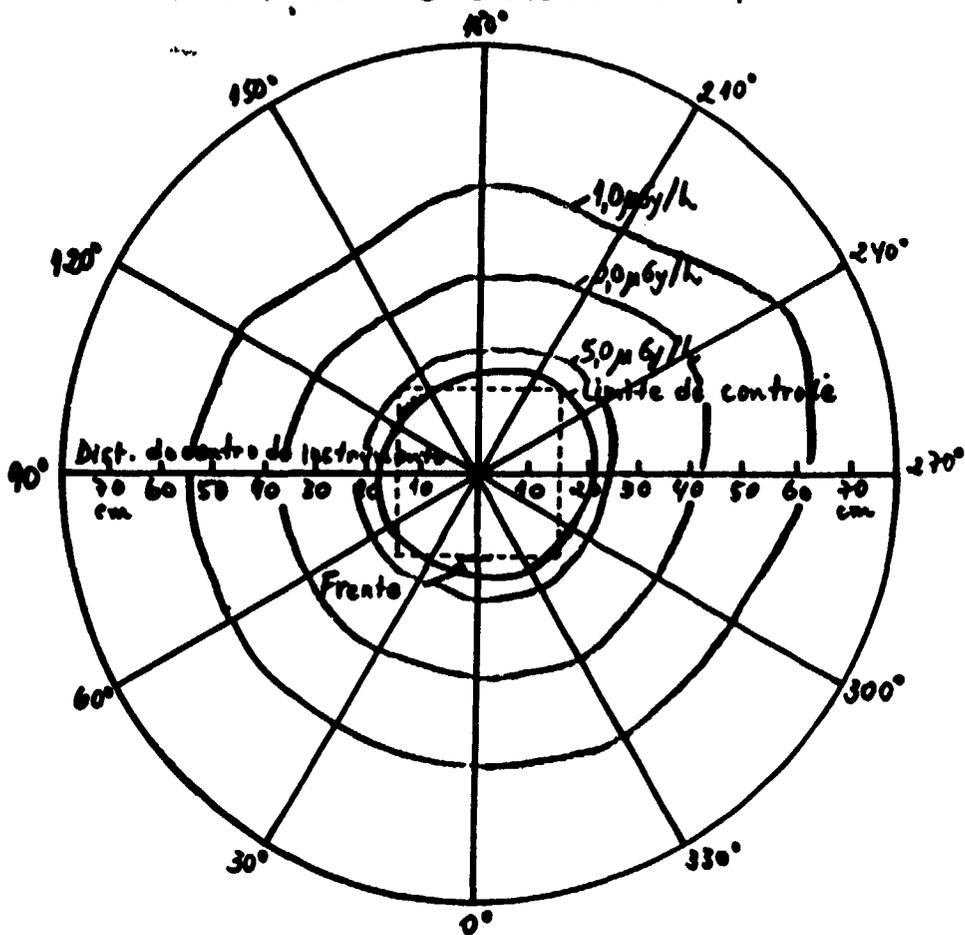


FIG. 5: CURVAS DE ISODOSE (À ALTURA DE 31cm) DA RADIAÇÃO BREMSSTRAHLUNG DA FONTE DE ^{85}Kr (INSTRUMENTO MAHLO). O LIMITE DE CONTROLE REPRESENTA A TAXA DE DOSE DE $7,2 \mu\text{Gy/h}$.

RADIÇÃO BREMSSTRAHLUNG

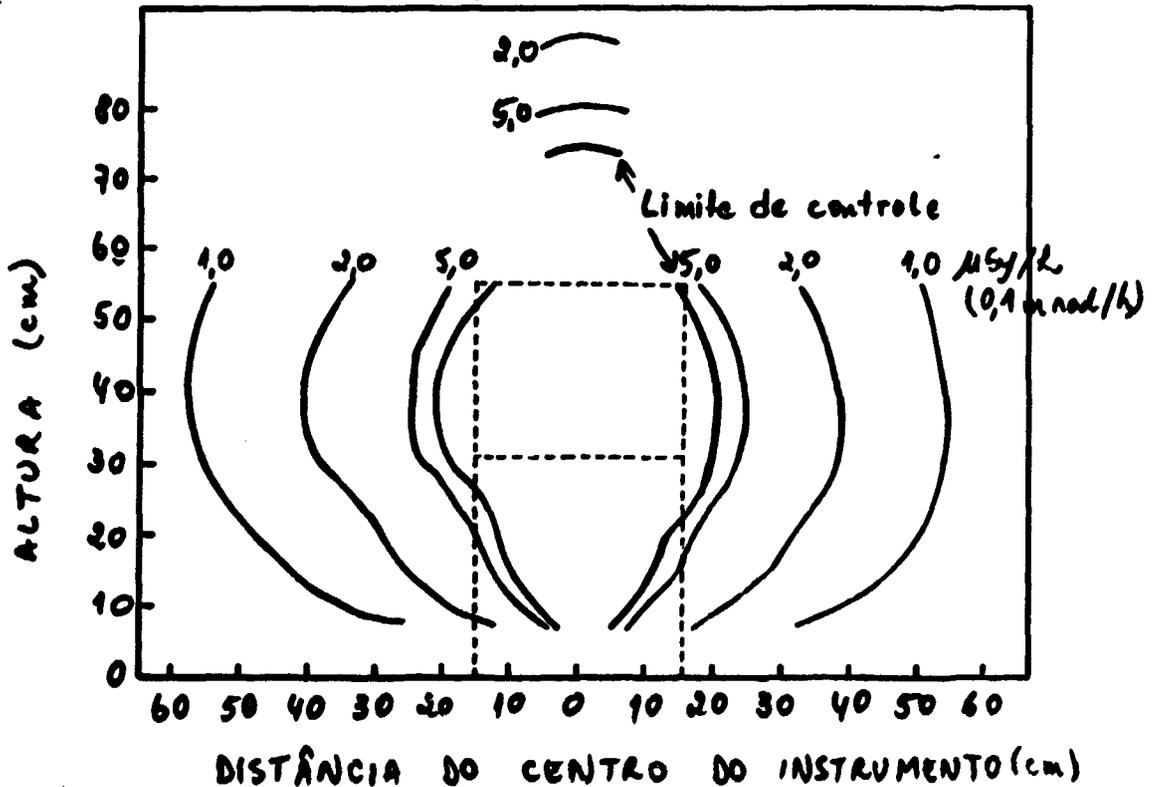


FIG. 6: CURVAS DE ISODOSE (PLANO VERTICAL) DA RADIAÇÃO BREMSSTRAHLUNG DA FONTE DE ^{85}Kr (INSTRUMENTO MAILO). O LIMITE DE CONTROLE RE PRESENTA A TAXA DE DOSE DE 7,2 $\mu\text{Gy/h}$.

"Experimental Determination of Isodose Curves in Air for Bremsstrahlung and Beta Radiation", Caldas, L.V.E., (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, CNEN/SP). (In Portuguese). "Determinação experimental de curvas de isodose no ar para radiação beta e Bremsstrahlung". Paper presented at the Simpósio de Física Médica Esther Nunes Pereira, Curitiba, Paraná, Brazil, July 1986.

Beta radiation sources of ^{90}Sr and ^{85}Kr are very utilized in industrial systems for material thickness measurement and control. The objective of this work was the determination of absorbed dose rates in air in order to obtain isodose curves for both Bremsstrahlung and beta radiation of a ^{85}Kr source, at different positions in the region where the instrument operators are localized. A cintillation detector and mamography films were mainly utilized in this study. The used method was very efficient for the radiation fields characterization and can be followed for both industrial and medical radioactive sources.

Palavras chave: BETA RADIATION
BREMSSTRAHLUNG

SIMPÓSIO DE FÍSICA MÉDICA ESTER NUNES PEREIRA
04 a 16 de Junho de 1966
Curitiba PR

FORMULÁRIO PARA INSCRIÇÃO DE TRABALHOS

Forma de apresentação: Escrita
 Comunicação Oral

Título do Trabalho: Determinação experimental de curvas de iso-
dose no ar para radiação beta e Bremsstrahlung.

Autores: Linda V. Ehlin Caldas

Instituição: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
CNEN, São Paulo.

Assinatura do primeiro autor: *L. Caldas*

Este formulário deve ser devolvido até 16 de junho para:

Aristides Marques de Oliveira Neto (Coordenador)
Secretário Regional Sui
Clínica Paranaense de Tumores S/C
Rua Rosa Saporski, 199
80510 - Curitiba - PR
tel. (041) 224.1413 (após 13:00 h)

RESUMO

As fontes de ^{90}Sr e ^{85}Kr são muito utilizadas em sistemas de medição e controle de espessura de materiais, em escala industrial. A finalidade deste trabalho foi a determinação dos valores de taxa de dose absorvida no ar para a obtenção das curvas de isodose, tanto para a radiação beta como para a radiação Bremsstrahlung de uma fonte de ^{85}Kr , a diversas distâncias (na região onde se localizam os operadores do instrumento contendo a fonte). Foram utilizados principalmente filmes de mamografia e um detector de cintilação. O método utilizado mostrou-se eficiente para a determinação dos campos de radiação e pode ser seguido para fontes com aplicações tanto industriais como médicas.