

# Determinação da dose de entrada na pele (DEP) em exames radiográficos<sup>(1)</sup>.

Flávio Augusto Penna Soares<sup>(2)</sup>; Carina Klein Soares<sup>(3)</sup>; Tiago Alex Petry<sup>(3)</sup>

## Resumo Expandido

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Edital 12/2012, da Pró-Reitoria de Pesquisa Pós-graduação e Inovação

<sup>(2)</sup> Professor Orientador; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina; Florianópolis, SC; prof.flavio@gmail.com;

<sup>(3)</sup> Acadêmico CST Radiologia; Instituto Federal de Santa Catarina.

**RESUMO:** O uso das radiações ionizantes têm sido alvo constante de pesquisas, principalmente na sua aplicação na área médica. Apesar da inovação tecnológica, ainda é escasso o estudo sobre as influências que as variáveis elétricas e geométricas de um aparelho radiográfico exercem na dose de entrada na pele (DEP). Visto que há poucos métodos para estimativa da DEP de forma direta, o objetivo desse trabalho é desenvolver um método para determinar a DEP no paciente submetido a um exame radiográfico, utilizando dados adquiridos diretamente do setor de radiodiagnóstico e do exame. Nesse estudo foi desenvolvida uma equação para calcular a estimativa da DEP, com ajuda do programa MATHCAD, a partir de equações anteriores elaboradas pelo mesmo grupo de pesquisa, utilizando dados consolidados, principalmente do *NIST(USA)*, do *IPEN Report 78 (UK)* e do artigo de Benmakhlof et. al. Incorporando todas as informações, chegou-se a uma equação analítica direta para calcular a dose de entrada na pele do paciente, utilizando as variáveis de um exame e do aparelho radiográfico. Essa equação apresenta um erro considerado baixo, menor que 5%. Com essa equação, além de conhecer a dose que é absorvida pelo paciente durante um exame radiográfico, o tecnólogo poderá também melhorar a qualidade da imagem produzida. A equação da DEP pode ainda ser amplamente utilizada nos serviços de radiodiagnóstico a partir de um dispositivo móvel, por meio de um aplicativo para o sistema *Android*, já desenvolvido pelo mesmo grupo de pesquisa.

**Palavra Chave:** Proteção Radiológica, Radiometria, Física Médica

## INTRODUÇÃO

O uso das radiações ionizantes têm sido alvo constante de pesquisas, principalmente na sua aplicação na área médica. Muitos autores têm publicado sobre o tema desde 1900, mas apesar da inovação tecnológica, ainda é escasso o estudo sobre as influências que as variáveis elétricas e geométricas de um aparelho radiográfico exercem na dose de entrada na pele (DEP).

A legislação brasileira, por meio da Portaria 453/1998 determina que toda submissão médica à radiação deve ser justificada e toda dose entregue ao paciente deve ser conhecida (BRASIL, 1998). Alguns autores como Terini et.al (2009) e Faro (2006), apresentam uma forma individual de calcular tal influência, contudo, uma equação matemática única e uso amplo para calcular a DEP ainda não foi apresentada.

Uma equação analítica direta para o cálculo da DEP foi desenvolvida pelo grupo de pesquisa NTC, a partir do cálculo da taxa de KERMA no ar, multiplicada por fatores indicados na literatura. Os principais dados para desenvolvimento da equação da DEP são originários do IPEM Report 78 (UK), National Institute of Standards and Technology (NIST) dos Estados Unidos e do artigo de Benmakhlof et. al (2011).

O objetivo desse trabalho é desenvolver um método para determinar a DEP no paciente, submetido a um exame radiográfico, utilizando equações analíticas e dados que podem ser

adquiridos facilmente em um setor de radiodiagnóstico. Além disso, para que esse cálculo seja acessível aos profissionais das técnicas radiológicas, a equação da DEP pode ser utilizada em um dispositivo móvel, por meio de um aplicativo *Android*: o DEP-Calc (SOARES et.al, 2013).

## METODOLOGIA

Esse estudo é uma continuação de uma pesquisa iniciada há 3 anos. Após uma revisão sistemática, em base de dados indexados, escolheu-se os parâmetros técnicos que mais influenciavam na produção da radiação em aparelhos radiográficos.

Desenvolveu-se uma equação analítica direta para calcular a estimativa de dose de entrada na pele, a partir da equação da taxa de KERMA no ar, multiplicada pelo fator de retroespalhamento (BSF), bem como a substituição do ar pela pele como meio absorvedor da radiação.

Para se chegar a uma única equação decidiu-se seguir as etapas (Figura 1) apresentadas na literatura, obtendo-se equações analíticas para cada parâmetro. A equação da taxa de KERMA no ar é o resultado do KERMA produzido pela ampola radiográfica, por unidade de mAs e utiliza variáveis do exame radiográfico, como a tensão de pico (kVp) e sua ondulação (%), além de características físicas do aparelho, como o ângulo anódico (graus) e a

filtração total do exame (mmAl).

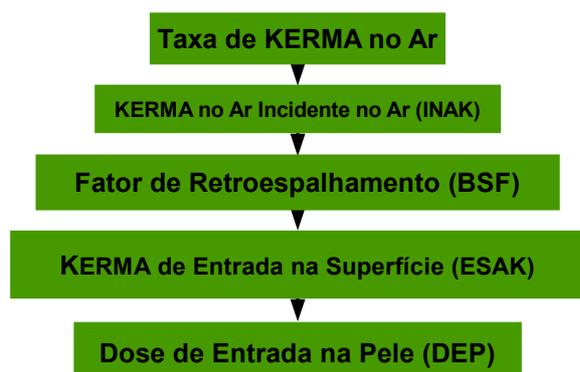


Figura 1 – Etapas para a Equação da DEP

Para a equação do INAK - KERMA no ar incidente, que é a radiação total do exame que chega ao paciente sem considerar as interações com ar, utilizou-se a taxa de KERMA no ar multiplicada pelos valores de corrente (mA) e tempo (s) utilizados no exame radiográfico. A distância entre paciente e foco anódico também é corrigida, devido a diminuição da intensidade com o quadrado da distância.

Para o fator de retroespalhamento, foi desenvolvidas equações analíticas a partir de dados consolidados. A definição do BSF leva em consideração a energia do feixe incidente e o tamanho do campo de irradiação. Por fim, pode-se obter o ESAK, ou seja, o KERMA de entrada na superfície, neste caso, o paciente, a partir do conhecimento do INAK corrigido pelo BSF.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por definição, a DEP pode ser obtida diretamente do valor do ESAK, desde que seja feita a correção com relação a superfície de incidência. Assim, deve-se substituir o ar, para o qual todos os valores até então foram calculados, pela pele do paciente. Esta substituição pode ser realizada a partir da razão entre o coeficiente de atenuação em energia ( $\mu_{EN}$ ) da pele pelo coeficiente do ar.

Os coeficientes de atenuação em energia de ambos os materiais foram obtidos de tabelas encontradas no NIST. Realizou-se a divisão para cada energia disponível do coeficiente da pele pelo coeficiente do ar. Os novos valores foram então ajustados por uma equação exponencial simples (Equação 1), seguindo a metodologia de Soares (2006). A equação obtida, apresenta erro menor do que 1% em relação aos dados.

**Equação 1:** Coeficiente de atenuação pele/ar.

$$\mu_{Pele/Ar}(V) = 1,051 \cdot e^{-2,92 \cdot 10^{-4} \cdot V}$$

Onde V é a tensão máxima aplicada.

Incorporando todas as equações citadas,

chegou-se a uma equação analítica direta (Equação 2) para calcular a dose de entrada na pele do paciente, utilizando as variáveis elétricas e geométricas de um exame radiográfico.

**Equação 2 :** Dose de Entrada na Pele

$$DEP(tn, ct, tp, ft, dt, rp, ag, ar) = ESAK \cdot \mu_{Pele/Ar}$$

Onde:

*tn*: tensão de pico [kVp]

*ct*: corrente utilizada no exame [mA]

*tp*: tempo utilizado no exame [s]

*ft*: espessura da filtração do tubo [mmAl]

*dt*: distância foco paciente utilizada no exame [cm]

*rp*: ondulação de tensão (ripple) [%]

*ag*: ângulo anódico [°]

*ar*: área irradiada [cm<sup>2</sup>]

## CONCLUSÕES

Com a equação desenvolvida é possível determinar a dose de entrada na pele de paciente durante um exame radiográfico de forma simples e direta. Por utilizar conceitos e dados consolidados pela literatura, o erro previsto, como a correlação dos erros individuais de cada parte da equação final, é menor do que 5% e muito satisfatório. Além disso, a equação permite a correlação direta entre variações nas variáveis de entrada e o efeito no aumento da DEP, permitindo assim uma análise visando a melhora na qualidade da imagem. A equação da DEP pode ainda ser amplamente utilizada nos serviços de radiodiagnóstico com um dispositivo móvel, por meio de um aplicativo para o sistema *Android*, já desenvolvido pelo mesmo grupo de pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFSC e ao CNPq pelo financiamento investido na pesquisa, ao professor orientador e aos colegas pesquisadores, que de alguma forma contribuíram para construção desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

BENMAKHLOUF et. al. **Backscatter factors and mass energy-absorption coefficient ratios for diagnostic radiology dosimetry.** Phys. Med. Biol. 2011; 56: p. 7179-7204.

FARO, S. I. M. B. **Dosimetria do paciente em radiologia, no IPOFG-CROC, S.A.** 2006. 100 f. Dissertação para grau de Mestre em Imaginologia Médica. Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

NIST. **X Ray Attenuation and Absorption for materials of Dosimetric Interest.** Disponível em: <<http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/index.cfm>>. Acesso em: maio 2013

PTC, MathCad 14 - The Industry Standard for Engineering Calculations, [CD-ROM], 2007.

SOARES, F. A. P. **Produção de raios X em ampolas radiográficas**: estudo do tomógrafo computadorizado do Hospital Regional de São José/SC. 2006. 102f. Dissertação do Doutorado em Física Experimental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SOARES, F. A. P. *et. al.* Desenvolvimento de um aplicativo Android para estimativa da DEP a partir dos parâmetros do exame radiográfico. In: **IX Congresso Latino Americano IRPA**, Rio de Janeiro, 2013. Livro de Resumos. Recife: SBPR, 2013.

SUTTON, D. *et. al.* **Catalogue of diagnostic X-ray spectra and other data**: eletronic version. Report S. No. 78 (CD Rom). York, UK: The Institute of Physics and Engineering in Medicine; 1997.

TERINI, R. <sup>a</sup> *et al.* **Measurement of the quantity Practical Peak Voltage in the practice**. Radiol. Bras. vol. 42, n. 6. São Paulo, Nov./Dez. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-39842009000600013&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-39842009000600013&script=sci_arttext&tlng=en)> Acesso em: abr. 2012