

Obtenção da densidade eletrônica e número atômico efetivo de tecidos mamários utilizando o coeficiente de atenuação linear

Leonardo D. H. Soares e Martin E. Poletti¹

¹Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.

Introdução: O conhecimento do coeficiente de atenuação linear (μ) é de grande importância para o contraste das imagens de radiodiagnóstico. Imagens radiográficas são úteis para destacar tecidos com coeficientes de atenuação diferentes. No entanto, se os tecidos possuem coeficientes de atenuação similares, mesmo possuindo propriedades físicas distintas, não há diferenciação entre os mesmos. No entanto, parâmetros físicos que podem ser capazes de diferenciar tecidos, como a densidade eletrônica (ρ_e) e número atômico efetivo (Z_{eff}), podem ser determinados a partir de parametrizações do coeficiente de atenuação linear dos tecidos. O objetivo deste estudo é determinar a densidade eletrônica e número atômico efetivo, a partir de uma parametrização dos coeficientes de atenuação linear determinados experimentalmente, para diferentes tecidos mamários (adiposo, glandular e carcinomas).

Métodos: O coeficiente de atenuação linear foi determinado experimentalmente utilizando uma geometria de feixe estreito, com energias de 20 a 40 keV geradas por um tubo de raios x com anodo de Tungstênio (W) e um detector dispersivo em energia de Silício (SDD). O coeficiente de atenuação linear (μ) de um elemento pode ser descrito através da sua seção de choque atômica. A técnica de parametrização baseia-se na expansão de Taylor da seção de choque atômica de um certo elemento em termos da seção de choque de um elemento de referência (Z_s). A expansão de Taylor reescreve a seção de choque em termos que só dependem da energia (E) ou do Z do material. Após a expansão, reagrupando os termos que só dependem de E (σ, σ') e termos que só dependem do Z (A,B), temos:

$$\mu(E) = A(Z)[\sigma(E)] + B(Z)[\sigma(E) + \sigma'(E)]$$

Uma vez que a equação apresenta duas incógnitas (A e B) é necessário, para resolver o sistema, o coeficiente de atenuação linear em duas energias. Os termos que dependem da energia podem ser calculados teoricamente, já que sabemos quais foram as energias utilizadas. Após a solução, a densidade eletrônica (ρ_e) e o número atômico efetivo (Z_{eff}) podem ser calculados através das relações:

$$\rho_e = A \times Z_{eff} \quad \text{e} \quad Z_{eff} = Z_s \left\{ \frac{B}{A} + 1 \right\}$$

Coeficientes de atenuação linear teóricos e experimentais de amostras de materiais de composição conhecida (Acrílico e Nylon) foram utilizados para validar a parametrização que, após essa análise, foi utilizada para a extração dos parâmetros físicos dos tecidos. Predições teóricas destes parâmetros foram calculadas através das seguintes relações:

$$Z_{eff} = \sum w_i Z_i \quad \text{e} \quad \rho_e = N_a Z_{eff} / \langle A \rangle$$

onde w_i é a fração de peso, N_a o número de Avogrado e $\langle A \rangle$ a massa média dos elementos da amostra.

Resultados e Discussões: Com relação aos materiais de composição conhecida, os valores de densidade eletrônica e o número atômico efetivo obtidos foram satisfatórios, sendo que suas diferenças máximas foram de 8,1% para o acrílico e 6,9% para o Nylon, em relação aos seu valores teóricos. Os valores médios de densidade eletrônica e número atômico efetivo obtidos através da parametrização dos coeficientes de atenuação linear experimentais e teóricos (utilizando a base de dados do *National Institute of Standards and Technologies* (NIST) dos tecidos mamários estão presentes na Tabela 1, em conjunto com as predições teóricas desses parâmetros.

Tabela 1 – Valores de densidade eletrônica e número atômico efetivo utilizando diferentes bases de dados

Conjunto Dados	Adiposo		Glandular		Carcinoma	
	ρ_e	Z_{eff}	ρ_e	Z_{eff}	ρ_e	Z_{eff}
Predição Teórica	0,314	6,02	0,337	6,58	0,347	6,86
NIST	0,313±0,019	6,95±0,34	0,335±0,021	7,26±0,46	0,347±0,022	7,37±0,49
Experimentais	0,343±0,022	6,81±0,28	0,408±0,025	7,06±0,35	0,382±0,024	7,48±0,52

As diferenças máximas dos parâmetros entre a predição teórica e as parametrizações são de 15% para a os coeficientes do NIST e 22% para a média dos valores experimentais. Já era esperado uma maior diferença nos parâmetros obtidos através dos dados experimentais, devida a variabilidade de composição dos tecidos e pequenas inomogeneidades, alterando significativamente o μ dos tecidos.

Conclusões: A parametrização se mostrou aplicável à medidas experimentais de tecidos mamários, proporcionando boas estimativas da densidade eletrônica e número atômico efetivo dos mesmos.