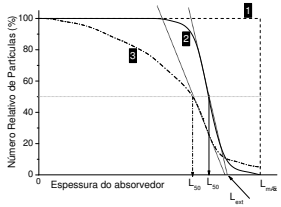


Partícula Carregada Rápida	E (keV)	Alcance água	Alcance alumínio
Elétron	50	43 µm	21 µm
	100	143 µm	69 µm
	500	1,77 mm	0,84 mm
	1000	4,37 mm	2,05 mm
	2000	1,0 cm	4,54 mm
	20000	9,32 cm	3,92 cm
Próton	50	0,99 µm	0,58 µm
	100	1,61 µm	0,98 µm
	500	8,87 µm	5,57 µm
	1000	24,58 µm	14,62 µm
	2000	75,55 µm	42,46 µm
	20000	4,26 mm	2,14 mm

*Fonte: NIST, alcances CSDA

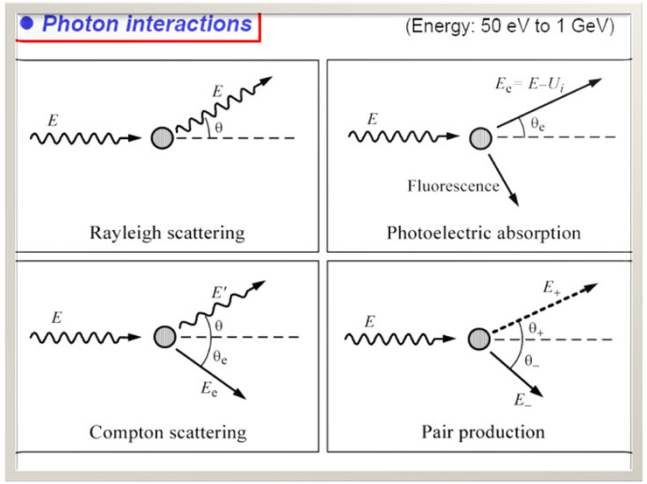


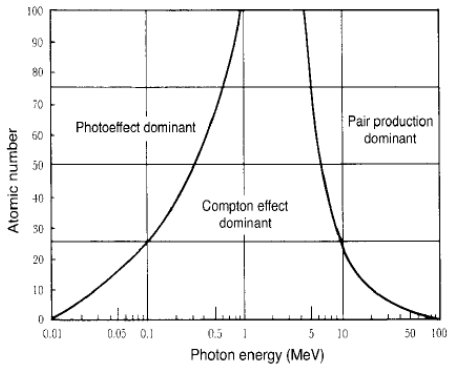
Radiação	Interações Possíveis	Alterações no meio	Radiação ionizante produzida
Partículas carregadas rápidas	Choques elásticos e inelásticos com o átomo, com a eletrosfera, com o núcleo.	átomos ionizados ou excitados, recuo de núcleos, elétrons em movimento, emissão de raios X de freamento e de desexcitação.	elétrons, radiação de freamento (*Bremsstrahlung*) e de desexcitação.
Fótons X e gama	Com átomo ou com elétron: ef. Compton, espalhamento coerente, efeito fotoelétrico, produção de pares	alguns elétrons são colocados em movimento, recuo de núcleos, emissão de raios X de desexcitação.	elétrons velozes, fótons espalhados
Nêutrons	reação nuclear, choques elásticos e inelásticos com o núcleo	núcleo modificado e/ou excitado, núcleos de recuo.	Partículas subnucleares, raios gama de desexcitação nuclear.

Partícula Carregada Rápida	Interações Possíveis
Elétrons, Pósitrons e Íons Pesados	Colisão inelástica com o átomo (colisão suave)
	Colisão com elétron fortemente ligado (colisão dura)
	Choque elástico com o núcleo
Elétrons e Pósitrons	Choque inelástico com o núcleo
Pósitrons	Aniquilação com um elétron do meio
Todos	Reação Nuclear

Partícula Carregada Rápida	Interações Possíveis	O que muda no meio de interação
Elétrons, Pósitrons e Íons Pesados	Colisão inelástica com o átomo (colisão suave)	Excitação e eventual ionização de átomos em camada de valência
	Colisão com elétron fortemente ligado (colisão dura)	Ionização (camada interna) e excitação do átomo.
	Choque elástico com o núcleo	Recuo do núcleo
Elétrons e Pósitrons	Choque inelástico com o núcleo	Recuo do núcleo
Pósitrons	Aniquilação com um elétron do meio	Ionização e excitação do átomo.
Todos	Reação Nuclear	Núcleo modificado (Z ou A) e excitado.

Partícula Carregada Rápida	Interações Possíveis	O que muda no meio de interação	Radiação ionizante produzida
Elétrons, Pósitrons e Íons Pesados	Colisão inelástica com o átomo (colisão suave)	Excitação e eventual ionização de átomos em camada de valência	Partícula primária com pequena mudança de direção, eventualmente um elétron rápido (secundário).
	Colisão com elétron fortemente ligado (colisão dura)	Ionização (camada interna) e excitação do átomo.	Partícula primária, elétron rápido (secundário), raios X característicos, elétrons Auger.
	Choque elástico com o núcleo	Recuo do núcleo	Partícula primária com mesma energia e outra trajetória.
Elétrons e Pósitrons	Choque inelástico com o núcleo	Recuo do núcleo	Partícula primária e radiação de freamento (*Bremsstrahlung*).
Pósitrons	Aniquilação com um elétron do meio	Ionização e excitação do átomo.	Dois fótons de aniquilação, cada um com hν≥0,511 MeV.
Todos	Reação Nuclear	Núcleo modificado (Z ou A) e excitado.	Partículas subnucleares, raios gama de desexcitação nuclear.





Efeito	*Dependência com hν*	*Coeficiente*	*Dependência com Z*
Esp. Coerente	$(h\nu)^{-2}$	${}_a\sigma_{coe}$ e σ_{coe}	Z^2
		σ_{coe}/ρ	Z^1
Esp. Compton	$h\nu$ baixo - cresce lento	${}_a\sigma$ e σ	Z^1
	$h\nu$ alto - decresce lento	σ/ρ	Z^0
Efeito Fotoelétrico	$(h\nu)^{-3}$	${}_a\tau$ e τ	$Z^{4,5}$
		τ/ρ	$Z^{3,5}$
Produção de par	$h\nu$ baixo - $\ln(h\nu)$	${}_a\kappa$ e κ	Z^2
	$h\nu$ alto - $h\nu^0$	κ/ρ	Z^1