

Tabela 2

Toxicidade de GFNs em modelos celulares

Nanomaterias da família do grafeno	Propriedades físico-químicas e funcionalização	Células	Dose e tempo de incubação	Efeitos	Referência
Grafeno puro	Espessura de 2 a 3 nm, tamanho de 500 a 1000 nm	Macrófagos Murine RAW 264.7	5, 10, 20, 40, 80 e 100 mg/mL, 48 h	Esgotado o potencial de membrana mitocondrial, aumento de ROS, apoptose desencadeada	[83]
Grafeno puro	Espessura de 3 a 5 nm, tamanho de 100 a 110 nm	Células de feocromocito ma de rato células PC12	10 a 100 µg/mL, 1 a 48 h	Aumento da liberação de LDH, níveis de ROS e ativação da caspase3, apoptose induzida	[82]
Óxido de grafeno (GO)	Quatro diâmetros diferentes (342 a 765 nm)	Eritrócitos humanos Fibroblastos de pele humana CRL-2522	3,125 a 200 µg/mL 24 h	Atividade hemolítica, geração de ROS, liberação de LDH, diminuição da viabilidade celular	[106]

VAI	Espessura do tamanho lateral de 0,9 nm : s-GO, 160 ± 90 nm; m-GO, 430 ± 300 nm; m-GO, 430 ± 300 nm;	Células epiteliais de pulmão humano A549	10, 25, 50, 100 e 200 µg/mL 24 h	Estresse oxidativo dependente da dose, viabilidade celular diminuída em alta concentração	[119]
VAI	Espessura de 1 nm, dimensão lateral de 200 a 500 nm	Células de fibroblasto de pulmão humano, células HLF	10 a 500 µg/mL 2 a 24 h	Estresse oxidativo induzido, citotoxicidade dependente da concentração e genotoxicidade	[148]
VAI	Distribuição de tamanho: 592 ± 10,9 nm em PBS, 1272 ± 56,2 nm em FBS	Células HeLa	0 a 80 µg/mL 24 h	Liberação de LDH, aumento da geração de MDA e ROS, diminuição da SOD, redução da viabilidade celular	[120]
VAI	GO menor: 50 a 350 nm GO tamanho intermediário: 350 a 750 nm GO maior: 750 a 1.300 nm	Células de macrófago J774A.1 Células THP-1 Células HEK293 Células MEL Células HUT102	20 µg/mL 1 a 24 h	Indução de macrófagos M1 dependente do tamanho, respostas pró-inflamatórias	[94]
VAI	espessura: <2 nm, tamanho lateral: 450 nm	Célula de carcinoma de cólon CT26 de camundongo	50 a 100 µg/mL 18 h	Autofagia desencadeada, aumenta a morte celular	[206]

Óxido de grafeno reduzido (rGO)	Espessura de 11 ± 4 nm, tamanho lateral de 3,8 ± 0,4 µm	Células-tronco mesenquimais humanas (hMSCs)	0,01 a 100 µg/mL 1 a 24 h	Fragmentações de DNA induzidas e aberrações cromossômicas	[118]
RGO	Espessura de 7 nm, tamanho lateral de 40 nm	células de carcinoma hepático humano (células HepG2)	1 a 200 mg/L 4 a 72 h	Dano de DNA dependente da dose, estresse oxidativo, citotoxicidade	[31]
RGO	Tamanho lateral de 100 a 1500 nm	Linhas celulares de glioma U87 e U118	0 a 100 µg/mL 24 h	Redução da proliferação celular e viabilidade celular, apoptose induzida	[238]
Óxido de grafeno com redução bacteriana (B-rGO)	Espessura de 4,23 nm, tamanho médio de 3833 nm	Células MCF-7	20 a 100 µg/mL 24 a 72 h	Geração aumentada de ROS, LDH liberado, toxicidade dependente da dose	[181]
Nanofitas de óxido de grafeno reduzido (rGO NR)	Espessura de 1 nm, comprimento de 10 µm, largura de 50 a 200 nm,	hMSCs	0,01, 0,1, 1,0, 10, 100 µg/mL 96 h	Fragmentações de DNA e aberrações cromossômicas causadas	[239]
Folhas de óxido de grafeno reduzidas (rGOs)	Espessuras de ~ 1,2 nm, tamanhos laterais de ~ 2 µm	hMSCs	0,01, 0,1, 1,0, 10, 100 µg/mL 96 h	Causou danos leves à membrana celular e citotoxicidade	[239]

Grafeno-dextrano (GO-DEX)	Espessura de 2,8 nm, tamanho de 50 a 100 nm	Células HeLa	10, 50.200 mg/L 24, 48, 72 h	GO-DEX reduziu notavelmente a toxicidade celular	[91]
GNP-COOH GNP-NH2	Espessura de GNP-COOH: 735,9 nm espessura de GNP-NH2: 945,5 nm	Células epiteliais brônquicas humanas (células BEAS-2B)	10, 50 mg/L 24 h	Causou danos ao DNA de fita simples, genotoxicidade e hipometilação	[240]
PEG-DSPE (O-GNR-PEG-DSPE)	Largura de 125 a 220 nm, comprimentos entre 500 a 2500 nm	Células HeLa Células NIH-3T3 Células SKBR3 Células MCF7	10 a 400 µg/mL 24 a 48 h	Diminuição dependente da dose e dependente do tempo na viabilidade celular	[138]
PEI-GO, PEG-GO, LA-PEG-GO	Espessura de 1 a 2 nm de largura lateral de 100 a 500 nm	Células de fibroblastos de pulmão humano	1, 10, 50, 100 µg/ml 24 h	Citotoxicidade dependente da concentração e genotoxicidade causadas	[15]
PEG-GQD	Tamanhos de 3 a 5 nm	Células HeLa e células A549	10 a 160 µg/mL 24 h	Sem citotoxicidade perceptível	[176]
FBS-GO	Espessura de 4,0 a 18,0 nm	Células A549	0 a 200 µg/mL 24 h	A citotoxicidade do GO foi grandemente mitigada em 10% de FBS	[166]