

Equivalente a TNT

O **equivalente em TNT** é uma convenção para expressar energia, normalmente usada para descrever a energia liberada em uma explosão. Uma **tonelada equivalente em TNT** é uma unidade de energia definida por convenção como sendo 4,184 gigajoules (1 gigacaloria). ^[1] É a energia aproximada liberada na detonação de uma tonelada métrica (megagrama) de trinitrotolueno (TNT). Em outras palavras, para cada grama de TNT explodida, São liberados 4,184 quilojoules (ou 4184 joules) de energia. Esta convenção visa comparar o poder destrutivo de um evento com o de materiais explosivos convencionais, dos quais o TNT é um exemplo típico, embora outros explosivos convencionais, como a dinamite, contenham mais energia. Um conceito relacionado é a grandeza física **massa equivalente de TNT** (ou **massa de equivalente de TNT**), ^{[2] [3] [4] [5]} expressa nas unidades comuns de massa e seus múltiplos: quilograma (kg), megagrama (Mg) ou tonelada (t), etc.

A unidade é rotineiramente usada para descrever o rendimento de armas nucleares. Os bombardeios atômicos de Hiroshima e Nagasaki em 1945 usaram as bombas Little Boy e Fat Man, com rendimentos de 15 e 20 quilotons, respectivamente. ^[6] Durante a corrida armamentista nuclear, armas termonucleares foram desenvolvidas com rendimentos na faixa de megatons. A maior arma nuclear já testada foi a Tsar Bomba, com 50 megatons. ^[7] Apenas alguns testes nucleares excederam 10 megatons. As armas nucleares estratégicas modernas têm rendimentos de pelo menos 100 quilotons. ^[8]

Quiloton e megaton

O "**quilon** (ou equivalente em TNT)" é uma unidade de energia igual a 4,184 terajoules ($4,184 \times 10^{12}$ J). ^[9] Um quilon de TNT pode ser visualizado como um cubo de TNT com 8,46 metros (27,8 pés) de lado.

O "**megaton** (ou equivalente em TNT)" é uma unidade de energia igual a 4,184 petajoules ($4,184 \times 10^{15}$ J). ^[10]

O quilon e o megaton de equivalente de TNT têm sido tradicionalmente usados para descrever a produção de energia e, portanto, o poder destrutivo de uma arma nuclear. O equivalente de TNT aparece em vários tratados de controle de armas nucleares e tem sido usado para caracterizar a energia liberada em impactos de asteroides. ^[11]

Derivação histórica do valor

Valores alternativos para a equivalência de TNT podem ser calculados de acordo com qual propriedade está sendo comparada e quando nos dois processos de detonação os valores são medidos. ^{[12] [13] [14] [15]}

Equivalente a TNT



A explosão resultante de um teste nuclear de 14 quilotons no Campo de Testes de Nevada, em 1951.

informações gerais

Sistema de unidades	Não padronizado
Unidade de	Energia
Símbolo	t, <i>tonelada de TNT</i>

Conversões

1 t em é igual a ...
unidades básicas do SI	≈ 4,184 gigajoules
CGS	10^9 calorias

Quando, por exemplo, a comparação é feita pelo rendimento energético, a energia de um explosivo é normalmente expressa para fins químicos como o trabalho termodinâmico produzido pela sua detonação. Para o TNT, este valor foi medido com precisão como 4.686 J/g a partir de uma grande amostra de experiências de explosão aérea e calculado teoricamente como 4.853 J/g. ^[16]

No entanto, mesmo com base nisso, comparar os rendimentos energéticos reais de um grande dispositivo nuclear e de uma explosão de TNT pode ser ligeiramente impreciso. Pequenas explosões de TNT, especialmente a céu aberto, não tendem a queimar as partículas de carbono e os produtos de hidrocarbonetos da explosão. Os efeitos da expansão do gás e da mudança de pressão tendem a "congelar" a combustão rapidamente. Uma grande explosão de TNT a céu aberto pode manter temperaturas da bola de fogo suficientemente altas para que alguns desses produtos queimem com o oxigênio atmosférico. ^[17]

Essas diferenças podem ser substanciais. Por questões de segurança, uma gama tão ampla quanto 2.673–6.702 J foi declarado para um grama de TNT após a explosão. ^[18] Assim, pode-se afirmar que uma bomba nuclear tem um rendimento de 15 kt ($6,3 \times 10^{13}$ J), mas a explosão de uma explosão real Uma pilha de 15.000 toneladas de TNT pode render (por exemplo) 8×10^{13} J devido à oxidação adicional de carbono/hidrocarboneto não presente com pequenas cargas ao ar livre. ^[17]

Essas complicações foram contornadas pela convenção. A energia liberada por um grama de TNT foi arbitrariamente definida por convenção como sendo 4.184 J, ^[19] que é exatamente uma quilocaloria.

Gramas TNT	Símbolo	Toneladas de TNT	Símbolo	Energia	Perda de massa correspondente ^[a]
miligrama de TNT	mg	nanotonelada de TNT	nt	4,184 J (1,162 mWh)	46,55 fg
grama de TNT	g	microtonelada de TNT	µt	4,184 kJ (4.184 J ; 1,162 Wh)	46,55 pág.
quilograma de TNT	kg	militon de TNT	monte	4,184 MJ (4.184.000 J ; 1,162 kWh)	46,55 ng
megagrama de TNT	Mg	tonelada de TNT	t	4,184 GJ ($4,184 \times 10^9$ J ; 1,162 MWh)	46,55 µg
gigagrama de TNT	Gg	quilotonelada de TNT	kt	4,184 TJ ($4,184 \times 10^{12}$ J ; 1,162 GWh)	46,55 mg
teragrama de TNT	Tg	megaton de TNT	Monte	4,184 PJ ($4,184 \times 10^{15}$ J ; 1,162 TWh)	46,55 g
petagrama de TNT	Página	gigatonelada de TNT	Gt	4,184 EJ ($4,184 \times 10^{18}$ J ; 1,162 PWh)	46,55 kg

Conversão para outras unidades

Uma tonelada de TNT equivale aproximadamente a:

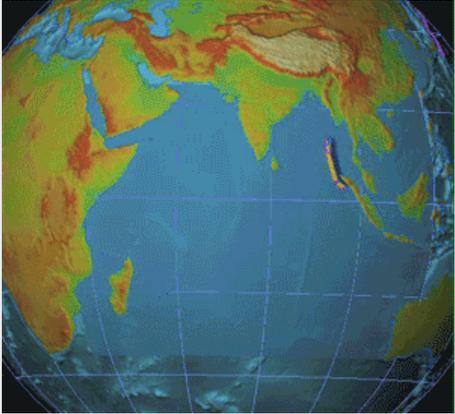
- $1,0 \times 10^9$ calorias ^[20]
- $4,184 \times 10^9$ joules ^[21]
- $3,968 \times 10^6$ unidades térmicas britânicas ^[22]
- $3,086 \times 10^9$ libras-pé ^[23]
- $1,162 \times 10^3$ quilowatts-hora ^[24]

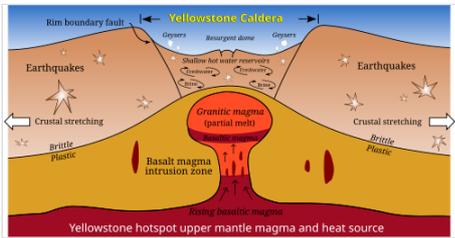
- $2,611 \times 10^{28}$ ^{elétron} -volts
- $4,655 \times 10^{-8}$ quilogramas equivalente em massa ^[25]

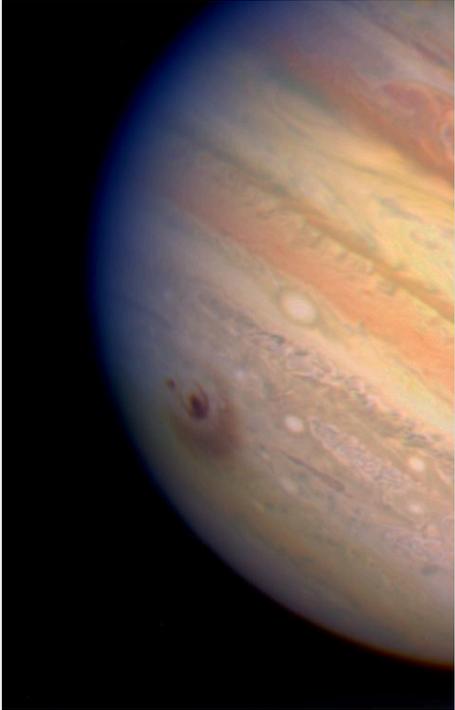
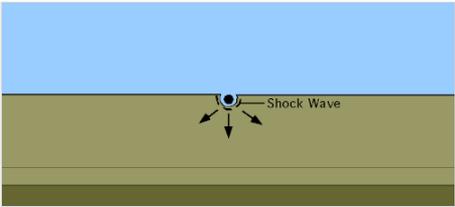
Exemplos

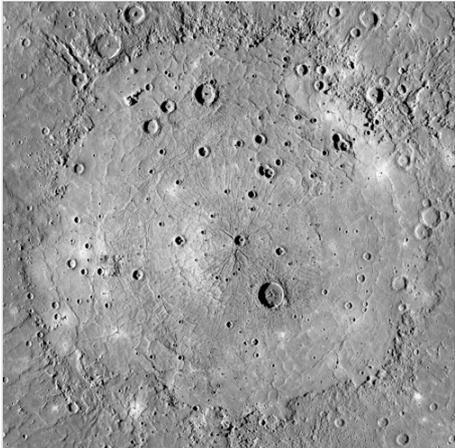
Energia		Descrição
Megatoneladas de TNT	Watt-hora [Wh]	
1×10^{-12}	1,162 Wh	≈ 1 quilocaloria alimentar (quilocaloria, kcal), que é a quantidade aproximada de energia necessária para elevar a temperatura de um <u>quilograma</u> de água em um grau <u>Celsius</u> à pressão de uma atmosfera .
1×10^{-9}	1,162 kWh	Em condições controladas, um quilograma de TNT pode destruir (ou mesmo obliterar) um veículo pequeno.
$4,8 \times 10^{-9}$	5,6 kWh	A energia necessária para queimar 1 quilograma de madeira. ^[26]
1×10^{-8}	11,62 kWh	A energia térmica radiante aproximada liberada durante uma falha de arco trifásica de 600 V e 100 kA em um compartimento de 0,5 m × 0,5 m × 0,5 m (20 pol × 20 pol × 20 pol) em um período de 1 segundo.
$1,2 \times 10^{-8}$	13,94 kWh	Quantidade de TNT usada (12 kg) na <u>explosão da igreja copta no Cairo</u> , <u>Egito</u> , em 11 de dezembro de 2016, que deixou 29 mortos e 47 feridos ^[27]
$1,9 \times 10^{-6}$	2,90 MWh	O programa de televisão <i>MythBusters</i> usou 2,5 toneladas de <u>ANFO</u> para fazer diamantes "caseiros". (<u>Episódio 116</u> .)
$2,4 \times 10^{-7}$ $-2,4 \times 10^{-6}$	280–2.800 kWh	A energia liberada por uma descarga <u>de raio</u> média . ^[28]
$(1-44) \times 10^{-6}$	1,16–51,14 MWh	As bombas convencionais têm um rendimento que varia de menos de uma tonelada às 44 toneladas da <u>FOAB</u> . O rendimento de um míssil de cruzeiro Tomahawk é equivalente a 500 kg de TNT. ^[29]
$4,54 \times 10^{-4}$	581 MWh	Uma carga real de 0,454 quilotons de TNT (1,90 TJ) na <u>Operação Sailor Hat</u> . Se a carga fosse uma esfera completa, seria de 1 quiloton de TNT (4,2 TJ). <div data-bbox="1155 1196 1500 1464" data-label="Image"> </div> <p>454 toneladas de <u>TNT</u> (5 por 10 m (17 por 34 pés)) aguardando <u>detonação</u> na <u>Operação Sailor Hat</u> .</p>
$1,8 \times 10^{-3}$	2,088 GWh	A potência estimada da <u>explosão em Beirute</u> foi de 2.750 toneladas de nitrato de amônio ^[30] , que matou inicialmente 137 pessoas em um porto libanês e nas proximidades, às 18h, horário local, na terça-feira, 4 de agosto de 2020. ^[31] Um estudo independente realizado por especialistas do Grupo de Pesquisa de Explosões e Impactos da Universidade de Sheffield prevê que a melhor estimativa da potência da explosão em Beirute seja de 0,5 quilotons de TNT e a estimativa limite razoável seja de 1,12 quilotons de TNT. ^[32]
$(1-2) \times 10^{-3}$	1,16–2,32 GWh	Produtividade estimada da <u>explosão de Oppau</u> , que matou mais de 500 pessoas em uma fábrica de fertilizantes alemã em 1921.
$2,3 \times 10^{-3}$	2,67 GWh	A quantidade de <u>energia solar</u> que incide sobre 4.000 m ² (1 acre) de terra em um ano é de 9,5 TJ (2.650 MWh) (uma média sobre a superfície da Terra). ^[33]

Energia		Descrição
Megatoneladas de TNT	Watt-hora [Wh]	
$2,9 \times 10^{-3}$	3,4 GWh	A <u>explosão de Halifax</u> em 1917 foi a detonação acidental de 200 toneladas de TNT e 2.300 toneladas de <u>ácido pícrico</u> ^[34] .
$3,2 \times 10^{-3}$	3,6 GWh	A <u>Operação Big Bang</u> , em 18 de abril de 1947, explodiu os bunkers em Heligolândia . Ela acumulou 6.700 toneladas métricas de munição excedente da Segunda Guerra Mundial, armazenadas em vários locais da ilha, e foi detonada. A energia liberada foi... $1,3 \times 10^{13}$ J , ou cerca de 3,2 quilotons de TNT equivalente. ^[35]
4×10^{-3}	9,3 GWh	<u>Minor Scale</u> , uma explosão convencional dos Estados Unidos em 1985, usando 4.744 toneladas de explosivo ANFO para fornecer uma explosão aérea equivalente em escala de um dispositivo nuclear de oito quilotons (33,44 TJ), ^[36] é considerada a maior detonação planejada de explosivos convencionais na história.
$(1,5-2) \times 10^{-2}$	17,4–23,2 GWh	A <u>bomba atômica Little Boy</u> , lançada sobre <u>Hiroshima</u> em 6 de agosto de 1945, explodiu com uma energia de cerca de 15 quilotons de TNT (63 TJ), matando entre 90.000 e 166.000 pessoas, ^[6] e a <u>bomba atômica Fat Man</u> , lançada sobre <u>Nagasaki</u> em 9 de agosto de 1945, explodiu com uma energia de cerca de 20 quilotons de TNT (84 TJ), matando mais de 60.000 pessoas. ^[6] As armas nucleares modernas no arsenal dos Estados Unidos variam em <u>rendimento</u> de 0,3 kt (1,3 TJ) a 1,2 Mt (5,0 PJ) equivalente, para a bomba estratégica <u>B83</u> .
$>2,4 \times 10^{-1}$	280 GWh	A produção energética típica de <u>tempestades severas</u> . ^[37]
$1,5 \times 10^{-5}$ -6×10^{-1}	20 MWh – 700 GWh	A <u>energia cinética</u> estimada dos <u>tornados</u> . ^[38]
1	1,16 TWh	A energia contida em um megaton de TNT (4,2 PJ) é suficiente para abastecer uma residência americana média por 103.000 anos. ^[39] A potência máxima estimada da explosão de <u>Tunguska</u> , de 30 Mt (130 PJ) , poderia abastecer a mesma residência média por mais de 3.100.000 anos. A energia dessa explosão poderia abastecer todos os Estados Unidos por 3,27 dias. ^[40]
8.6	10 TWh	A energia liberada por um <u>ciclone tropical</u> típico em um minuto, proveniente principalmente da condensação da água. Os ventos constituem 0,25% dessa energia. ^[41]
16	18,6 TWh	A energia superficial irradiada aproximada liberada em um <u>terremoto</u> de magnitude 8. ^[42]
21,5	25 TWh	A conversão completa de 1 kg de matéria em energia pura produziria o <u>máximo teórico</u> ($E = mc^2$) de 89,8 petajoules, o que é equivalente a 21,5 megatons de TNT. Nenhum método de conversão total como a combinação de 500 gramas de matéria com 500 gramas de antimatéria foi alcançado até o momento. No caso de <u>aniquilação próton-antipróton</u> , aproximadamente 50% da energia liberada escapará na forma de <u>neutrinos</u> , que são quase indetectáveis. ^[43] <u>Eventos de aniquilação elétron-pósitron</u> emitem sua energia inteiramente como <u>raios gama</u> .
24	28 TWh	Produção total aproximada da <u>erupção</u> de 1980 do Monte Santa Helena . ^[44]
26.3	30,6 TWh	Energia liberada pelo <u>terremoto</u> do Oceano Índico de 2004. ^[45]

Energia		Descrição
Megatoneladas de TNT	Watt-hora [Wh]	
		 <p>Uma animação do tsunami do Oceano Índico de 2004</p>
45	53 TWh	<p>A energia liberada no <u>terremoto e tsunami de Tohoku em 2011</u> foi mais de 200.000 vezes superior à energia da superfície, conforme calculado pelo USGS.¹⁷ $1,9 \times 10^{17}$ joules,^{[46][47]} ligeiramente menos que o terremoto do Oceano Índico de 2004. Foi estimado em uma magnitude de momento de 9,0–9,1.</p>  <p>Os danos causados pelo tsunami de Tohoku de 2011</p>
50–56	58 TWh	<p>A <u>União Soviética</u> desenvolveu um protótipo de dispositivo termonuclear, apelidado de <u>Tsar Bomba</u>, que foi testado a 50–56 Mt (210–230 PJ), mas tinha um rendimento teórico máximo de projeto de 100 Mt (420 PJ).^[48] O potencial destrutivo efetivo de tal arma varia muito, dependendo de condições como a altitude em que é detonada, as características do alvo, o terreno e a paisagem física sobre a qual é detonada.</p>
61	70,9 TWh	<p>Estima-se que a energia liberada pela <u>erupção vulcânica de Hunga Tonga–Hunga Ha'apai de 2022</u>, no sul do Oceano Pacífico, tenha sido equivalente a 61 megatons de TNT.^[49]</p>
84	97,04 TWh	<p>A irradiação solar na Terra a cada segundo.^[b]</p>
200	230 TWh	<p>A energia total liberada pela <u>erupção de Krakatoa em 1883</u> nas Índias Orientais Holandesas (atual Indonésia).^[50]</p>
540	630 TWh	<p>A <u>energia total produzida mundialmente por todos os testes nucleares e usos em combate combinados</u>, desde a década de 1940 até o presente, é de cerca de 540 megatons.</p>
1.460	1,69 PWh	<p>O arsenal nuclear global total é de cerca de 15.000 ogivas nucleares^{[51][52][53]} com uma capacidade destrutiva de cerca de 1460 megatons^{[54][55][56][57]} ou 1,46 gigatons (1.460 milhões de toneladas) de TNT. Isto é o equivalente a $6,11 \times 10^{18}$ joules de energia de</p>
2.680	3 PWh	<p>A produção de energia do <u>terremoto de Valdivia de 1960</u> foi estimada em uma magnitude de momento de 9,4–9,6. Este é o terremoto mais poderoso registrado na</p>

Energia		Descrição
Megatoneladas de TNT	Watt-hora [Wh]	
		<p>história. ^[58] ^[59]</p>  <p>As consequências do terremoto de Valdivia de 1960.</p>
2.870	3,34 PWh	A energia liberada por um furacão por dia durante a condensação. ^[60]
33.000	38,53 PWh	A energia total liberada pela erupção do Monte Tambora em 1815, na ilha de Sumbawa, na Indonésia, foi equivalente a 2,2 milhões de <u>Little Boys</u> (a primeira bomba atômica lançada sobre o <u>Japão</u>) ou a um quarto do consumo anual de energia de todo o mundo. ^[61] Essa erupção foi de 4 a 10 vezes mais destrutiva do que a erupção do Krakatoa em 1883. ^[62]
240.000	280 PWh	<p>A produção total aproximada da supererupção da <u>Caldeira de La Garita</u> é 10.000 vezes mais poderosa do que a erupção do Monte Santa Helena em 1980. ^[63] Foi o segundo evento mais energético a ter ocorrido na Terra desde o <u>evento de extinção Cretáceo-Paleógeno</u> há 66 milhões de anos.</p>  <p>Uma foto da Caldeira La Garita</p>
301.000	350 PWh	A energia total da irradiação solar recebida pela Terra na atmosfera superior por hora. ^[c] ^[d]
875.000	1,02 EWh	<p>Produção aproximada da última erupção do <u>supervulcão de Yellowstone</u> . ^[64]</p>  <p>Imagem do supervulcão de Yellowstone.</p>
$3,61 \times 10^6$	4,2 EWh	A irradiação solar do Sol a cada 12 horas. ^[c] ^[e]
6×10^6	7 EWh	A energia estimada no impacto quando o maior fragmento do <u>Cometa Shoemaker-Levy 9</u> atingiu <u>Júpiter</u> é equivalente a 6 milhões de megatons (6 trilhões de toneladas) de TNT. ^[65]

Energia		Descrição
Megatoneladas de TNT	Watt-hora [Wh]	
		 <p>Local de impacto do cometa Shoemaker-Levy 9</p>
$7,2 \times 10^7$	116 EWh	<p>Estimativas de 2010 mostram que a energia cinética do <u>evento de impacto de Chicxulub</u> gerou o equivalente a 72 teratons de TNT (1 teraton de TNT equivale a 10^6 megatons de TNT), o que causou o <u>evento de extinção K-Pg</u>, dizimando 75% de todas as espécies da Terra. ^{[66][67]} Isso é muito mais destrutivo do que qualquer desastre natural registrado na história. Tal evento teria causado <u>vulcanismo global</u>, <u>terremotos</u>, <u>megatsunamis</u> e <u>mudanças climáticas globais</u>. ^{[66][68][69][70][71]}</p>  <p>Animação do impacto de Chicxulub.</p>
$>2,4 \times 10^{10}$	>28 ZWh	A energia de impacto dos asteroides arqueanos. ^[72]
$9,1 \times 10^{10}$	106 ZWh	A produção total de energia do Sol por segundo. ^[73]
$2,4 \times 10^{11}$	280 ZWh	A energia cinética do impactor <u>Caloris Planitia</u> . ^[74]

Energia		Descrição
Megatoneladas de TNT	Watt-hora [Wh]	
		 <p>Foto da Caloris Planitia em Mercúrio. Tirada pela sonda <u>MESSENGER</u>.</p>
$5,972 \times 10^{15}$	6,94 RWh	A energia explosiva de uma quantidade de TNT da <u>massa da Terra</u> . ^[75]
$7,89 \times 10^{15}$	9,17 RWh	Produção solar total em todas as direções por dia. ^[76]
$1,98 \times 10^{21}$	$2,3 \times 10^{33}$ Wh	A energia explosiva de uma quantidade de TNT da <u>massa do Sol</u> . ^[77]
$(2,4-4,8) \times 10^{28}$	$(2,8-5,6) \times 10^{40}$ Wh	Uma explosão de <u>supernova do tipo Ia</u> emite ^{de} $1-2 \times 10^{44}$ joules de energia, o que equivale a cerca de 2,4 a 4,8 centenas de bilhões de yottatons (24 a 48 octilhões ($2,4-4,8 \times 10^{28}$) megatons) de TNT, equivalente à força explosiva de uma quantidade de TNT mais de um trilhão (10^{12}) de vezes a massa do planeta Terra. Esta é a <u>vela padrão</u> astrofísica usada para determinar distâncias galácticas. ^[78]
$(2,4-4,8) \times 10^{30}$	$(2,8-5,6) \times 10^{42}$ Wh	O maior tipo de supernova observado, <u>as explosões de raios gama (GRBs)</u> , liberam mais de 10^{46} joules de energia. ^[79]
$1,3 \times 10^{32}$	$1,5 \times 10^{44}$ Wh	A fusão de dois buracos negros, resultando na <u>primeira observação de ondas gravitacionais</u> , liberou energia solar. $5,3 \times 10^{47}$ joules ^[80]
$9,6 \times 10^{53}$	$1,12 \times 10^{66}$ Wh	Estimativa da massa-energia do universo observável. ^[81]

Fator de eficácia relativa

O fator de eficácia relativa (fator RE) relaciona o poder de demolição de um explosivo ao do TNT, em unidades de equivalente de TNT por kg (TNTe/kg). O fator RE é a massa relativa de TNT à qual um explosivo é equivalente; quanto maior o RE, mais potente é o explosivo.

Isso permite que os engenheiros determinem as massas adequadas de diferentes explosivos ao aplicar fórmulas de detonação desenvolvidas especificamente para TNT. Por exemplo, se uma fórmula para corte de madeira requer uma carga de 1 kg de TNT, então, com base no fator RE do octanitrocubano de 2,38, seriam necessários apenas 1,0/2,38 (ou 0,42) kg para realizar o mesmo trabalho. Usando PETN, os engenheiros precisariam de 1,0/1,66 (ou 0,60) kg para obter os mesmos efeitos que 1 kg de TNT. Com ANFO ou nitrato de amônio, eles precisariam de 1,0/0,74 (ou 1,35) kg ou 1,0/0,32 (ou 3,125) kg, respectivamente.

Calcular um único fator RE para um explosivo é, no entanto, impossível. Depende do caso específico ou da aplicação. Dado um par de explosivos em que um deles pode produzir o dobro da onda de choque (isso depende da distância dos instrumentos de medição), a diferença na capacidade de corte direto do metal pode ser quádrupla para um tipo de metal e sétupla para outro. As diferenças relativas entre dois explosivos com cargas moldadas serão ainda maiores. A tabela abaixo deve ser considerada como um exemplo e não como uma fonte precisa de dados.

Alguns exemplos de fator de eficácia relativa

Explosivo, grau	Densidade (g/ml)	Velocidade de detonação (m/s)	Eficácia relativa
Nitrato de amônio (AN + <0,5% H ₂ O)	0,88	2.700 ^[82]	0,32 ^[83] ^[84]
Fulminato de mercúrio (II)	4,42	4.250	0,51 ^[85]
Pólvora negra (75% KNO ₃ + 19% C + 6% S, explosivo antigo de baixa potência)	1,65	400	0,55 ^[86]
Dinitrato de hexamina (HDN)	1,30	5.070	0,60
Dinitrobenzeno (DNB)	1,50	6.025	0,60
HMTD (peróxido de hexamina)	0,88	4.520	0,74
ANFO (94% AN + 6% óleo combustível)	0,92	4.200	0,74
Nitrato de ureia	1,67	4.700	0,77
TATP (peróxido de acetona)	1.18	5.300	0,80
Tovex Extra (gel de água AN) produto comercial	1,33	5.690	0,80
Hydromite 600 (emulsão aquosa AN) produto comercial	1,24	5.550	0,80
ANNMAL (66% AN + 25% NM + 5% Al + 3% C + 1% TETA)	1.16	5.360	0,87
Amatol (50% TNT + 50% AN)	1,50	6.290	0,91
Nitroguanidina	1,76	6.750	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1.04, teste de morteiro balístico ^[87] ▪ 1.01, teste de Trauzl ^[87] ▪ 0,95, Teste de amassamento da placa
Trinitrotolueno (TNT)	1,60	6.900	1,00
Hexanitrostilbeno (HNS)	1,70	7.080	1.05
Nitroureia	1,45	6.860	1.05
Tritonal (80% TNT + 20% alumínio) ^[f]	1,70	6.650	1.05
Nitrato de hidrazina de níquel (NHN)	1,70	7.000	1.05
Amatol (80% TNT + 20% AN)	1,55	6.570	1.10
Nitrocelulose (13,5% N, NC; também conhecida como algodão-pólvora)	1,40	6.400	1.10
Nitrometano (NM)	1.13	6.360	1.10
PBXW-126 (22% NTO, 20% RDX, 20% AP, 26% Al, 12% PU do sistema) ^[f]	1,80	6.450	1.10
dinitrato de dietilenoglicol (DEGDN)	1,38	6.610	1.17
PBXIH-135 EB (42% HMX, 33% Al, 25% PCP - sistema TMETN) ^[f]	1,81	7.060	1.17
PBXN-109 (64% RDX, 20% Al, 16% sistema HTPB) ^[f]	1,68	7.450	1.17
Triaminotrinitrobenzeno (TATB)	1,80	7.550	1.17
Ácido pícrico (TNP)	1,71	7.350	1.17
Trinitrobenzeno (TNB)	1,60	7.300	1,20

Explosivo, grau	Densidade (g/ml)	Velocidade de detonação (m/s)	Eficácia relativa
<u>Tetrytol</u> (70% <u>tetril</u> + 30% <u>TNT</u>)	1,60	7.370	1,20
<u>Dinamite</u> , Nobel (75% <u>NG</u> + 23% <u>diatomita</u>)	1,48	7.200	1,25
<u>Tetril</u>	1,71	7.770	1,25
<u>Torpex</u> (também conhecido como <u>HBX</u> , 41% <u>RDX</u> + 40% <u>TNT</u> + 18% <u>Al</u> + 1% <u>cera</u>) ^[f]	1,80	7.440	1,30
<u>Composição B</u> (63% <u>RDX</u> + 36% <u>TNT</u> + 1% <u>cera</u>)	1,72	7.840	1,33
<u>Composição C-3</u> (78% <u>RDX</u>)	1,60	7.630	1,33
<u>Composição C-4</u> (91% <u>RDX</u>)	1,59	8.040	1,34
<u>Pentolita</u> (56% <u>PETN</u> + 44% <u>TNT</u>)	1,66	7.520	1,33
<u>Semtex 1A</u> (76% <u>PETN</u> + 6% <u>RDX</u>)	1,55	7.670	1,35
<u>Hexal</u> (76% <u>RDX</u> + 20% <u>Al</u> + 4% <u>cera</u>) ^[f]	1,79	7.640	1,35
<u>RISAL P</u> (50% <u>IPN</u> + 28% <u>RDX</u> + 15% <u>Al</u> + 4% <u>Mg</u> + 1% <u>Zr</u> + 2% <u>NC</u>) ^[f]	1,39	5.980	1,40
<u>Nitrato de hidrazina</u>	1,59	8.500	1,42
Mistura: 24% <u>nitrobenzeno</u> + 76% <u>TNM</u>	1,48	8.060	1,50
Mistura: 30% <u>nitrobenzeno</u> + 70% <u>tetróxido de nitrogênio</u>	1,39	8.290	1,50
<u>Nitroglicerina</u> (NG)	1,59	7.700	1,54
<u>Nitrato de metila</u> (MN)	1,21	7.900	1,54
<u>Octol</u> (80% <u>HMX</u> + 19% <u>TNT</u> + 1% <u>DNT</u>)	1,83	8.690	1,54
<u>Nitrotriazolona</u> (NTO)	1,87	8.120	1,60
<u>DADNE</u> (1,1-diamino-2,2-dinitroeteno , FOX-7)	1,77	8.330	1,60
<u>Gelignita</u> (92% <u>NG</u> + 7% <u>nitrocelulose</u>)	1,60	7.970	1,60
<u>Gel plástico</u> (em tubo de pasta de dente: 45% <u>PETN</u> + 45% <u>NG</u> + 5% <u>DEGDN</u> + 4% <u>NC</u>)	1,51	7.940	1,60
<u>Composição A-5</u> (98% <u>RDX</u> + 2% <u>ácido esteárico</u>)	1,65	8.470	1,60
<u>Tetranitrato de eritritol</u> (ETN)	1,72	8.206	1,60
<u>Hexogênio</u> (RDX)	1,78	8.600	1,60
<u>PBXW-11</u> (96% <u>HMX</u> , 1% <u>HyTemp</u> , 3% <u>DOA</u>)	1,81	8.720	1,60
<u>Pentrita</u> (<u>PETN</u>)	1,77	8.400	1,66
<u>Dinitrato de etilenoglicol</u> (<u>EGDN</u>)	1,49	8.300	1,66
<u>MEDINA</u> (<u>Metileno dinitroamina</u>) ^{[88][89]}	1,65	8.700	1,70
<u>Trinitroazetidina</u> (TNAZ)	1,86	9.597	1,70
<u>Octogen</u> (<u>HMX grau B</u>)	1,95	9.100	1,70
<u>Hexanitrobenzeno</u> (HNB)	1,97	9.340	1,80
<u>Hexanitrohexaazaisowurtzitano</u> (HNIW; também conhecido como <u>CL-20</u>)	1,97	9.500	1,90
<u>AFX-757</u> (25% <u>RDX</u> , 30% <u>perclorato de amônio</u> , 33% <u>alumínio</u>) ^{[90][91]}	1,84	6.080	1,90
<u>DDF</u> (4,4'-Dinitro-3,3'-diazenufuroxano)	1,98	10.000	1,95
<u>Heptano-cubano</u> (HNC) ^[g]	1,92	9.200	N / D

Explosivo, grau	Densidade (g/ml)	Velocidade de detonação (m/s)	Eficácia relativa
<u>Octanitrocubano</u> (ONC)	1,95	10.600	2,38
<u>Octaazacubano</u> (OAC) ^[g]	2,69	15.000	>5,00

Exemplos nucleares

Armas nucleares e os exemplos mais poderosos de armas não nucleares

Arma	Rendimento total (quilotoneladas de TNT)	Massa (kg)	Eficácia relativa
<u>Bomba GBU-57</u> (<u>Massive Ordnance Penetrator</u> , MOP)	0,0035	13.600	0,26
<u>Grand Slam</u> (<u>bomba sísmica</u> , M110)	0,0065	9.900	0,66
<u>Bomba usada em Oklahoma City</u> (<u>ANFO</u> à base de <u>combustível de corrida</u>)	0,0018	2.300	0,78
<u>BLU-82</u> (Cortador de Margaridas)	0,0075	6.800	1.10
<u>MOAB</u> (bomba não nuclear, GBU-43)	0,011	9.800	1.13
<u>FOAB</u> (<u>bomba termobárica avançada</u> , ATBIP)	0,044	7.100	6.20
<u>W54</u> , Mk-54 (<u>Davy Crockett</u>)	0,022	23	1.000
<u>Little Boy</u> (lançada sobre <u>Hiroshima</u>) <u>Bomba atômica</u>	15	4.400	4.000
<u>Fat Man</u> (lançada sobre <u>Nagasaki</u>) <u>Bomba atômica</u>	20	4.600	4.500
<u>W54</u> , B54 (SADM)	1.0	23	43.500
<u>Bomba atômica clássica</u> (de fissão em um estágio)	22	420	50.000
Hipotética <u>bomba nuclear portátil</u>	2,5	31	80.000
<u>Bomba nuclear típica</u> (de dois estágios)	500–1000	650–1.120	900.000
Ogiva termonuclear moderna <u>W88</u> (<u>MIRV</u>)	470	355	1.300.000
<u>Bomba nuclear Tsar</u> (três estágios)	50.000–56.000	26.500	2.100.000
<u>Bomba nuclear B53</u> (dois estágios)	9.000	4.050	2.200.000
<u>Operação Dominic Housatonic</u> (em duas etapas)	9.960	3.239	3.042.400
ogiva termonuclear <u>W56</u>	1.200	272–308	4.960.000
<u>Bomba nuclear B41</u> (três estágios)	25.000	4.850	5.100.000

Veja também

- Brisance
- quantidade explosiva líquida

- rendimento de armas nucleares
- Ordens de grandeza (energia)
- Tabela de velocidades de detonação de explosivos
- Tonelada equivalente de petróleo , uma unidade de energia equivalente a quase exatamente 10 toneladas de TNT.

Notas de rodapé

- a. Equivalência massa-energia .
- b. A constante solar do Sol é de 1370 watts por metro quadrado e a Terra tem uma área de superfície transversal de $2,6 \times 10^{14}$ metros quadrados.
- c. A constante solar do Sol é de 1370 watts por metro quadrado e a Terra tem uma área de superfície transversal de $2,6 \times 10^{14}$ metros quadrados.
- d. 1 hora equivale a 3600 segundos.
- e. 1 dia equivale a 86400 segundos.
- f. Os explosivos termobáricos (TBX) ou explosivos de explosão potencializados (EBX), em um espaço pequeno e confinado, podem ter mais que o dobro do poder de destruição. O poder total das misturas aluminizadas depende estritamente das condições das explosões.
- g. Valores previstos

Referências

1. "Calculadora de conversão de toneladas (explosivos) para gigajoules" (<http://www.unitconversion.org/energy/tons-explosives-to-gigajoules-conversion.html>) . *unitconversion.org* . Arquivado (<https://web.archive.org/web/20170317051223/http://www.unitconversion.org/energy/tons-explosives-to-gigajoules-conversion.html>) do original em 17 de março de 2017. Consultado em 6 de janeiro de 2016 .
2. *Explosões nas Indústrias de Processo* (<https://books.google.com/books?id=rfzl66nzMbcC&pg=PA30>) . Monografia sobre os principais riscos. Instituição de Engenheiros Químicos. 1994. p. 30. ISBN (<https://books.google.com/books?id=rfzl66nzMbcC&pg=PA30>) 978-0-85295-315-0 Consultado em 5 de março de 2025 .
3. Mays, G.; Smith, PD (1995). *Efeitos de explosões em edifícios: projeto de edifícios para otimizar a resistência a cargas de explosão* (<https://books.google.com/books?id=t2Zlxs0pBC4C&pg=PA28>) . T. Telford. p. 28. ISBN (<https://books.google.com/books?id=t2Zlxs0pBC4C&pg=PA28>) 978-0-7277-2030-6 Consultado em 5 de março de 2025 .
4. Martorell, S.; Soares, CG; Barnett, J. (2008). *Segurança, Confiabilidade e Análise de Risco: Teoria, Métodos e Aplicações (4 Volumes + CD-ROM)* (<https://books.google.com/books?id=HX7OBQAAQBAJ&pg=PA1023>) . CRC Press. p. 1023. ISBN (<https://books.google.com/books?id=HX7OBQAAQBAJ&pg=PA1023>) 978-1-4822-6648-1 Consultado em 5 de março de 2025 .
5. Bersani, C. (2008). *Tecnologias e metodologias avançadas para a gestão de riscos no transporte global de mercadorias perigosas* (<https://books.google.com/books?id=jRsk4p15tQkC&pg=PA11>) . Série Ciência para a Paz e Segurança da OTAN. IOS Press. p. 11. ISBN (<https://books.google.com/books?id=jRsk4p15tQkC&pg=PA11>) 978-1-58603-899-1 Consultado em 5 de março de 2025 .
6. "Hiroshima e Nagasaki: Os Efeitos na Saúde a Longo Prazo" (<http://www.k1project.org/explore-health/hiroshima-and-nagasaki-the-long-term-health-effects>). *Projeto K1*. 9 de agosto de 2012. Arquivado (<https://web.archive.org/web/20150723042220/http://k1project.org/explore-health/hiroshima-and-nagasaki-the-long-term-health-effects>) do original em 23 de julho de 2015. Consultado em 7 de janeiro de 2021. (<http://www.k1project.org/explore-health/hiroshima-and-nagasaki-the-long-term-health-effects>) (<https://web.archive.org/web/20150723042220/http://k1project.org/explore-health/hiroshima-and-nagasaki-the-long-term-health-effects>)
7. "Tsar Bomba: O Maior Teste Atômico da História Mundial" (<https://www.nationalww2museum.org/war/articles/tsar-bomba-largest-atomic-test-world-history>) . *Museu Nacional da Segunda Guerra Mundial | Nova Orleans* . 29 de agosto de 2020. Consultado em 6 de março de 2026 . (<https://www.nationalww2museum.org/war/articles/tsar-bomba-largest-atomic-test-world-history>)
8. "Quão destrutivas são as armas nucleares de hoje?" (https://www.icanw.org/how_destructive_are_today_s_nuclear_weapons) . *ICAN* . Consultado em 6 de março de 2026 . (https://www.icanw.org/how_destructive_are_today_s_nuclear_weapons)

9. "Convert Megaton to Joule" (<https://www.unitconverters.net/energy/megaton-to-joule.htm>). *www.unitconverters.net*. Retrieved March 22, 2022.
10. "Convert Gigaton to Joule" (<https://www.unitconverters.net/energy/gigaton-to-joule.htm>). *www.unitconverters.net*. Retrieved March 22, 2022.
11. "Joules to Megatons Conversion Calculator" (<http://www.unitconversion.org/energy/joules-to-megatons-conversion.html>). *unitconversion.org*. Archived (<https://web.archive.org/web/20091124011206/http://www.unitconversion.org/energy/joules-to-megatons-conversion.html>) from the original on November 24, 2009. Retrieved November 23, 2009.
12. Sorin Bastea, Laurence E. Fried, Kurt R. Glaesemann, W. Michael Howard, P. Clark Souers, Peter A. Vitello, Cheetah 5.0 User's Manual, Lawrence Livermore National Laboratory, 2007.
13. Maienschein, Jon L. (2002). *Estimating equivalency of explosives through a thermochemical approach* (<https://web.archive.org/web/20161221173225/http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/241114.pdf>) (PDF) (Technical report). Lawrence Livermore National Laboratory. UCRL-JC-147683. Archived from the original (<https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/241114.pdf>) (PDF) on December 21, 2016. Retrieved December 12, 2012.
14. Maienschein, Jon L. (2002). *Tnt equivalency of different explosives – estimation for calculating load limits in heaf firing tanks* (Technical report). Lawrence Livermore National Laboratory. EMPE-02-22.
15. Cunningham, Bruce J. (2001). *C-4/tnt equivalency* (Technical report). Lawrence Livermore National Laboratory. EMPE-01-81.
16. Cooper, Paul W. (1996). *Explosives Engineering*. New York: Wiley-VCH. p. 406. ISBN 978-0-471-18636-6.
17. Charles E. Needham (October 3, 2017). *Blast Waves* (<https://books.google.com/books?id=JXo4DwAAQB-AJ&pg=PA91>). Springer. p. 91. ISBN 978-3-319-65382-2. OCLC 1005353847 (<https://search.worldcat.org/oclc/1005353847>). Retrieved January 25, 2019.
18. "Blast effects of external explosions (Section 4.8. Limitations of the TNT equivalent method)" (<https://web.archive.org/web/20160810225249/http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00629253/document>). Archived from the original (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00629253/document>) on August 10, 2016.
19. "Appendix B8 – Factors for Units Listed Alphabetically" (<http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/appenB8.html>). July 2, 2009. Archived (<https://web.archive.org/web/20160129233551/http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/appenB8.html>) from the original on January 29, 2016. Retrieved March 29, 2007. In NIST SI Guide 2008
20. "Tons Of Tnt to Calories | Kyle's Converter" (<https://www.kylesconverter.com/energy,-work,-and-heat/tons-of-tnt-to-calories>). *www.kylesconverter.com*. Retrieved March 22, 2022.
21. "Convert tons of TNT to joules | energy conversion" (<https://convert-to.com/conversion/energy/convert-tn-t-o-j.html>). *convert-to.com*. Retrieved March 22, 2022.
22. "Convert tons of TNT to BTU - British Thermal Unit | energy conversion" (<https://convert-to.com/conversion/energy/convert-tn-to-btu.html>). *convert-to.com*. Retrieved March 22, 2022.
23. "Convert tons of TNT to foot pounds | energy conversion" (<https://convert-to.com/conversion/energy/convert-tn-to-ft-lb.html>). *convert-to.com*. Retrieved March 22, 2022.
24. "Tons Of Tnt to Kilowatt-hours | Kyle's Converter" (<https://www.kylesconverter.com/energy,-work,-and-heat/tons-of-tnt-to-kilowatt-hours>). *www.kylesconverter.com*. Retrieved March 22, 2022.
25. "4.184 gigajoules / c^2 in kilograms | Google" (<https://www.google.com/search?q=4.184+gigajoules+%2F+c%2F+in+kilograms>). *www.google.com*. Retrieved May 24, 2025.
26. Timcheck, Jonathan (Fall 2017). "The Energy in Wildfires: The Western United States" (<https://web.archive.org/web/20180117183718/http://large.stanford.edu/courses/2017/ph240/timcheck1/>). *large.stanford.edu*. Archived from the original (<http://large.stanford.edu/courses/2017/ph240/timcheck1/>) on January 17, 2018. Retrieved March 31, 2022.
27. "Botroseya church bombing death toll rises to 29 victims" (<https://www.egyptindependent.com/botroseya-church-bombing-death-toll-rises-29-victims/>). *Egypt Independent*. February 4, 2017. Archived (<https://web.archive.org/web/20240524230421/https://www.egyptindependent.com/botroseya-church-bombing-death-toll-rises-29-victims/>) from the original on May 24, 2024. Retrieved June 8, 2024.
28. "How do Thunderstorms and Lightning Work?" (<https://www.thenakedscientists.com/articles/science-features/how-do-thunderstorms-and-lightning-work>). *www.thenakedscientists.com*. March 6, 2007. Retrieved March 22, 2022.
29. Homer-Dixon, Thomas F (2002). *The Ingenuity Gap* (<https://books.google.com/books?id=syAvfwornA0C&q=10+meter+accuracy&pg=PA248>). Knopf Doubleday Publishing. p. 249. ISBN 978-0-375-71328-6. Archived (<https://web.archive.org/web/20210114192246/https://books.google.com/books?id=syAvfwornA0C&q=10+meter+accuracy&pg=PA248>) from the original on January 14, 2021. Retrieved November 7, 2020.

30. Fuwad, Ahamad (August 5, 2020). "Beirut Blast: How does yield of 2,750 tonnes of ammonium nitrate compare against Halifax explosion, Hiroshima bombing?" (<https://www.dnaindia.com/world/report-beirut-blast-how-does-yield-of-2750-tonnes-of-ammonium-nitrate-compare-against-halifax-explosion-hiroshima-bombing-2836137>). *DNA India*. Archived (<https://web.archive.org/web/20200806231755/https://www.dnaindia.com/world/report-beirut-blast-how-does-yield-of-2750-tonnes-of-ammonium-nitrate-compare-against-halifax-explosion-hiroshima-bombing-2836137>) from the original on August 6, 2020. Retrieved August 7, 2020.
31. Staff, W. S. J. (August 6, 2020). "Beirut Explosion: What Happened in Lebanon and Everything Else You Need to Know" (<https://www.wsj.com/articles/beirut-explosion-what-happened-in-lebanon-and-everything-else-you-need-to-know-11596590426>). *Wall Street Journal*. ISSN 0099-9660 (<https://search.worldcat.org/issn/0099-9660>). Archived (<https://web.archive.org/web/20200806193617/https://www.wsj.com/articles/beirut-explosion-what-happened-in-lebanon-and-everything-else-you-need-to-know-11596590426>) from the original on August 6, 2020. Retrieved August 7, 2020.
32. Rigby, S. E.; Lodge, T. J.; Alotaibi, S.; Barr, A. D.; Clarke, S. D.; Langdon, G. S.; Tyas, A. (September 22, 2020). "Preliminary yield estimation of the 2020 Beirut explosion using video footage from social media" (<https://doi.org/10.1007%2Fs00193-020-00970-z>). *Shock Waves*. **30** (6): 671–675. Bibcode:2020ShWav..30..671R (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020ShWav..30..671R>). doi:10.1007/s00193-020-00970-z (<https://doi.org/10.1007%2Fs00193-020-00970-z>). ISSN 1432-2153 (<https://search.worldcat.org/issn/1432-2153>).
33. Kennewell, John; McDonald, Andrew. "The Sun and Solar Activity - The Solar Constant" (<https://www.sws.bom.gov.au/Educational/2/1/12>). *www.sws.bom.gov.au*. Retrieved November 13, 2024.
34. Ruffman, Alan; Howell, Colin (1994). *Ground Zero: A Reassessment of the 1917 Explosion in Halifax Harbour*. Nimbus Publishing. ISBN 978-1-55109-095-5.
35. Willmore, PL (1949). "Seismic Experiments on the North German Explosions, 1946 to 1947" (<https://doi.org/10.1098%2Frsta.1949.0007>). *Philosophical Transactions of the Royal Society*. **242** (843): 123–151. Bibcode:1949RSPTA.242..123W (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1949RSPTA.242..123W>). doi:10.1098/rsta.1949.0007 (<https://doi.org/10.1098%2Frsta.1949.0007>). ISSN 0080-4614 (<https://search.worldcat.org/issn/0080-4614>). JSTOR 91443 (<https://www.jstor.org/stable/91443>).
36. Tech Reps (1986). "Minor Scale Event, Test Execution Report" (<https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA269600.pdf>) (PDF). Albuquerque, NM. hdl:100.2/ADA269600 (<https://hdl.handle.net/100.2%2FADA269600>).
37. Crook, Aaron (February 10, 2010). "The gathering storms" (<https://web.archive.org/web/20120404113209/http://www.cosmosmagazine.com/node/3302/full>). *Cosmos*. Archived from the original (<http://www.cosmosmagazine.com/node/3302/full>) on April 4, 2012.
38. Fricker, Tyler; Elsner, James B. (July 1, 2015). "Kinetic Energy of Tornadoes in the United States" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4489157>). *PLOS ONE*. **10** (7) e0131090. Bibcode:2015PLoSO..1031090F (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015PLoSO..1031090F>). doi:10.1371/journal.pone.0131090 (<https://doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0131090>). ISSN 1932-6203 (<https://search.worldcat.org/issn/1932-6203>). PMC 4489157 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4489157>). PMID 26132830 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26132830>).
39. "Frequently Asked Questions – Electricity" (http://tonto.eia.doe.gov/ask/electricity_faqs.asp#electricity_use_home). United States Department of Energy. October 6, 2009. Archived (https://web.archive.org/web/20101123165406/http://tonto.eia.doe.gov/ask/electricity_faqs.asp#electricity_use_home) from the original on November 23, 2010. Retrieved October 21, 2009. (Calculated from 2007 value of 936 kWh monthly usage)
40. "Country Comparison :: Electricity – consumption" (<https://web.archive.org/web/20120128032332/https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2042rank.html>). *The World Factbook*. CIA. Archived from the original (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2042rank.html>) on January 28, 2012. Retrieved October 22, 2009. (Calculated from 2007 value of 3,892,000,000,000 kWh annual usage)
41. "NOAA FAQ: How much energy does a hurricane release?" (<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/D7.html>). National Oceanic & Atmospheric Administration. August 2001. Archived (<https://web.archive.org/web/20171102212903/http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/D7.html>) from the original on November 2, 2017. Retrieved June 30, 2009. cites 6E14 watts continuous.
42. "How much energy does an earthquake release?" (<https://www.volcanodiscovery.com/earthquakes/energy.html>). *Volcano Discovery*. June 12, 2023.
43. Borowski, Stanley K. (March 1996). *Comparison of Fusion/Antiproton Propulsion systems*. 23rd Joint Propulsion Conference. NASA Glenn Research Center. doi:10.2514/6.1987-1814 (<https://doi.org/10.2514%2F6.1987-1814>). hdl:2060/19960020441 (<https://hdl.handle.net/2060%2F19960020441>).
44. "Mount St. Helens – From the 1980 Eruption to 2000, Fact Sheet 036-00" (<https://pubs.usgs.gov/fs/2000/fs036-00/>). *pubs.usgs.gov*. Archived (<https://web.archive.org/web/20130512162409/http://pubs.usgs.gov/fs/2000/fs036-00/>) from the original on May 12, 2013. Retrieved April 23, 2022.

45. "USGS Earthquake Hazards Program: Energy and Broadband Solution: Off W Coast of Northern Sumatra" (https://web.archive.org/web/20100404013939/http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2004/eq_041226/neic_slav_e.html). April 4, 2010. Archived from the original (https://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2004/eq_041226/neic_slav_e.html) on April 4, 2010. Retrieved February 10, 2023.
46. "USGS.gov: USGS WPhase Moment Solution" (https://web.archive.org/web/20110314185317/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usc0001xgp/neic_c0001xgp_wmt.php). Earthquake.usgs.gov. Archived from the original (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usc0001xgp/neic_c0001xgp_wmt.php) on March 14, 2011. Retrieved March 13, 2011.
47. "USGS Energy and Broadband Solution" (https://web.archive.org/web/20110316002625/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usc0001xgp/neic_c0001xgp_e.php). March 16, 2011. Archived from the original (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usc0001xgp/neic_c0001xgp_e.php) on March 16, 2011. Retrieved February 10, 2023.
48. See Currently deployed U.S. nuclear weapon yields (<http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/Wpngall.html>) Archived (<https://web.archive.org/web/20160907072820/http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/Wpngall.html>) September 7, 2016, at the Wayback Machine, Complete List of All U.S. Nuclear Weapons (<http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/Allbombs.html>) Archived (<https://web.archive.org/web/20081216000000/http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/Allbombs.html>) December 16, 2008, at the Wayback Machine, Tsar Bomba (<http://nuclearweaponarchive.org/Russia/TsarBomba.html>) Archived (<https://web.archive.org/web/20160617080324/http://nuclearweaponarchive.org/Russia/TsarBomba.html>) June 17, 2016, at the Wayback Machine, all from Carey Sublette's Nuclear Weapon Archive.
49. Díaz, JS; Rigby, SE (9 de agosto de 2022). "Potência energética da erupção vulcânica de Hunga Tonga–Hunga Ha'apai de 2022 a partir de medições de pressão" (<https://doi.org/10.1007%2Fs00193-022-01092-4>). *Shock Waves*. **32** (6): 553–561. Bibcode: 2022ShWav..32..553D (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022ShWav..32..553D>). doi: 10.1007/s00193-022-01092-4 (<https://doi.org/10.1007%2Fs00193-022-01092-4>). ISSN 1432-2153 (<https://search.worldcat.org/issn/1432-2153>). S2CID 251480018 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:251480018>). (<https://doi.org/10.1007%2Fs00193-022-01092-4>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022ShWav..32..553D>) (<https://doi.org/10.1007%2Fs00193-022-01092-4>) (<https://search.worldcat.org/issn/1432-2153>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:251480018>)
50. "A erupção do Krakatoa, 27 de agosto de 1883" (<https://web.archive.org/web/20160318213128/http://www.bom.gov.au/tsunami/history/1883.shtml>). *Commonwealth of Australia 2012, Bureau of Meteorology*. 5 de abril de 2012. Arquivado do original (<http://www.bom.gov.au/tsunami/history/1883.shtml>) em 18 de março de 2016. Consultado em 23 de fevereiro de 2022. (<https://web.archive.org/web/20160318213128/http://www.bom.gov.au/tsunami/history/1883.shtml>) (<http://www.bom.gov.au/tsunami/history/1883.shtml>)
51. "Situação das Forças Nucleares Mundiais" (<https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>). *fas.org*. Arquivado (<https://web.archive.org/web/20170508145916/https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>) do original em 8 de maio de 2017. Consultado em 4 de maio de 2017. (<https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>) (<https://web.archive.org/web/20170508145916/https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>)
52. "Armas Nucleares: Quem Tem o Quê em Resumo" (<https://www.armscontrol.org/factsheets/Nuclearweaponswhohaswhat>). *armscontrol.org*. Arquivado (<https://web.archive.org/web/20180124043430/https://www.armscontrol.org/factsheets/Nuclearweaponswhohaswhat>) do original em 24 de janeiro de 2018. Consultado em 4 de maio de 2017. (<https://www.armscontrol.org/factsheets/Nuclearweaponswhohaswhat>) (<https://web.archive.org/web/20180124043430/https://www.armscontrol.org/factsheets/Nuclearweaponswhohaswhat>)
53. "Armas nucleares globais: redução, mas modernização" (<https://www.sipri.org/media/press-release/2016/global-nuclear-weapons-downsizing-modernizing>). Instituto Internacional de Pesquisa da Paz de Estocolmo. 13 de junho de 2016. Arquivado (<https://web.archive.org/web/20161007002121/https://www.sipri.org/media/press-release/2016/global-nuclear-weapons-downsizing-modernizing>) do original em 7 de outubro de 2016. Consultado em 4 de maio de 2017. (<https://www.sipri.org/media/press-release/2016/global-nuclear-weapons-downsizing-modernizing>) (<https://web.archive.org/web/20161007002121/https://www.sipri.org/media/press-release/2016/global-nuclear-weapons-downsizing-modernizing>)
54. Kristensen, Hans M.; Norris, Robert S. (3 de maio de 2016). "Forças nucleares russas, 2016" (<https://doi.org/10.1080%2F00963402.2016.1170359>). *Boletim dos Cientistas Atômicos*. **72** (3): 125–134. Bibcode: 2016BuAtS..72c.125K (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016BuAtS..72c.125K>). doi: 10.1080/00963402.2016.1170359 (<https://doi.org/10.1080%2F00963402.2016.1170359>). (<https://doi.org/10.1080%2F00963402.2016.1170359>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016BuAtS..72c.125K>) (<https://doi.org/10.1080%2F00963402.2016.1170359>)

55. Kristensen, Hans M; Norris, Robert S (2015). "Forças nucleares dos EUA, 2015" (<https://doi.org/10.1177%2F0096340215571913>) . *Boletim dos Cientistas Atômicos* . **71** (2): 107. Bibcode : 2015BuAtS..71b.107K (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015BuAtS..71b.107K>) . doi : 10.1177/0096340215571913 (<https://doi.org/10.1177%2F0096340215571913>) . S2CID 145260117 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:145260117>) . (<https://doi.org/10.1177%2F0096340215571913>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015BuAtS..71b.107K>) (<https://doi.org/10.1177%2F0096340215571913>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:145260117>)
56. "Minimizar os danos e os riscos de segurança da energia nuclear" (<https://web.archive.org/web/20140924062304/http://www.nrdc.org/nuclear/nudb/datab14.asp>) . Arquivado do original (<http://www.nrdc.org/nuclear/nudb/datab14.asp>) em 24 de setembro de 2014. Consultado em 4 de maio de 2017 . (<https://web.archive.org/web/20140924062304/http://www.nrdc.org/nuclear/nudb/datab14.asp>) (<http://www.nrdc.org/nuclear/nudb/datab14.asp>)
57. Kristensen, Hans M; Norris, Robert S (2015). "Chinese nuclear forces, 2015". *Bulletin of the Atomic Scientists*. **71** (4): 77. Bibcode:2015BuAtS..71d..77K (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015BuAtS..71d..77K>). doi:10.1177/0096340215591247 (<https://doi.org/10.1177%2F0096340215591247>). S2CID 145759562 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:145759562>).
58. "Measuring the Size of an Earthquake" (<https://web.archive.org/web/20090901233601/http://earthquake.usgs.gov/learning/topics/measure.php>). *U.S. Geological Survey*. September 1, 2009. Archived from the original (<https://earthquake.usgs.gov/learning/topics/measure.php>) on September 1, 2009. Retrieved January 17, 2010.
59. "Table-Top Earthquakes" (<https://web.archive.org/web/20221207190454/https://pubs.usgs.gov/of/1998/ofr-98-0767/>). December 7, 2022. Archived from the original (<https://pubs.usgs.gov/of/1998/ofr-98-0767/>) on December 7, 2022. Retrieved February 10, 2023.
60. "Hurricane FAQ – NOAA's Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory" (<https://www.aoml.noaa.gov/hrd-faq/>). Retrieved March 21, 2022.
61. Klemetti, Erik (April 2022). "Tambora 1815: Just How Big Was The Eruption?" (<https://www.wired.com/2015/04/tambora-1815-just-big-eruption/>). *Wired*. Retrieved June 7, 2022.
62. Evans, Robert (July 2002). "Blast from the Past" (<https://www.smithsonianmag.com/history/blast-from-the-past-65102374/>). *Smithsonian Magazine*.
63. "La Garita Mountains grew from volcanic explosions 35 million years ago" (<https://www.fs.usda.gov/about-agency/features/la-garita-mountains-grew-volcanic-explosions-35-million-years-ago>). *US Forest Service*. August 25, 2021. Retrieved April 23, 2022.
64. "The thought experiment: What would happen if the supervolcano under Yellowstone erupted?" (<https://www.sciencefocus.com/planet-earth/the-thought-experiment-what-would-happen-if-the-supervolcano-under-yellowstone-erupted/>). *BBC Science Focus Magazine*. September 2, 2017. Retrieved April 23, 2022.
65. "Comet/Jupiter Collision FAQ – Post-Impact" (<https://web.archive.org/web/20210828080844/http://www.physics.sfasu.edu/astro/sl9/cometfaq2.html#Q3.1>). *www.physics.sfasu.edu*. Archived from the original (<http://www.physics.sfasu.edu/astro/sl9/cometfaq2.html#Q3.1>) on August 28, 2021. Retrieved February 24, 2022.
66. Richards, Mark A.; Alvarez, Walter; Self, Stephen; Karlstrom, Leif; Renne, Paul R.; Manga, Michael; Sprain, Courtney J.; Smit, Jan; Vanderkluysen, Loïc; Gibson, Sally A. (November 1, 2015). "Triggering of the largest Deccan eruptions by the Chicxulub impact". *Geological Society of America Bulletin*. **127** (11–12): 1507–1520. Bibcode:2015GSAB..127.1507R (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015GSAB..127.1507R>). doi:10.1130/B31167.1 (<https://doi.org/10.1130%2FB31167.1>). hdl:1871.1/cc9361fe-f586-44a0-90ac-f5c513e9920b (<https://hdl.handle.net/1871.1%2Fcc9361fe-f586-44a0-90ac-f5c513e9920b>). ISSN 0016-7606 (<https://search.worldcat.org/issn/0016-7606>). S2CID 3463018 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3463018>).
67. Jablonski, David; Chaloner, William Gilbert; Lawton, John Hartley; May, Robert McCredie (April 29, 1994). "Extinctions in the fossil record" (<https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.1994.0045>). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. **344** (1307): 11–17. doi:10.1098/rstb.1994.0045 (<https://doi.org/10.1098%2Frstb.1994.0045>).
68. Kornei, Katherine (December 20, 2018). "Huge Global Tsunami Followed Dinosaur-Killing Asteroid Impact" (<http://eos.org/articles/huge-global-tsunami-followed-dinosaur-killing-asteroid-impact>). *Eos*. Retrieved March 21, 2022.
69. "Chicxulub Impact Event" (<https://www.lpi.usra.edu/science/kring/Chicxulub/regional-effects/>). *www.lpi.usra.edu*. Retrieved April 23, 2022.

70. Henehan, Michael J.; Ridgwell, Andy; Thomas, Ellen; Zhang, Shuang; Alegret, Laia; Schmidt, Daniela N.; Rae, James W. B.; Witts, James D.; Landman, Neil H.; Greene, Sarah E.; Huber, Brian T. (October 21, 2019). "Rapid ocean acidification and protracted Earth system recovery followed the end-Cretaceous Chicxulub impact" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6842625>). *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **116** (45): 22500–22504. Bibcode:2019PNAS..11622500H (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019PNAS..11622500H>). doi:10.1073/pnas.1905989116 (<https://doi.org/10.1073%2Fpnas.1905989116>). ISSN 0027-8424 (<https://search.worldcat.org/issn/0027-8424>). PMC 6842625 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6842625>). PMID 31636204 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31636204>).
71. Nield, David (October 22, 2019). "That Dinosaur-Killing Asteroid Instantly Acidified Our World's Oceans, Too" (<https://www.sciencealert.com/the-dino-killing-asteroid-caused-mass-extinction-by-instantly-acidifying-the-oceans>). *ScienceAlert*. Retrieved April 23, 2022.
72. Zahnle, K. J. (August 26, 2018). "Climatic Effect of Impacts on the Ocean" (<https://ntrs.nasa.gov/citations/20180006692>). *Comparative Climatology of Terrestrial Planets III: From Stars to Surfaces*. **2065**: 2056. Bibcode:2018LPICo2065.2056Z (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018LPICo2065.2056Z>).
73. Carroll, Carroll (2017). "Sun: Amount of Energy the Earth Gets from the Sun" (https://web.archive.org/web/20000816180724/http://helios.gsfc.nasa.gov/qa_sun.html#sunenergymass). *Ask a Physicist*. Archived from the original (https://helios.gsfc.nasa.gov/qa_sun.html#sunenergymass) on August 16, 2000.
74. Lü, Jiangning; Sun, Youshun; Nafi Toksöz, M.; Zheng, Yingcai; Zuber, Maria T. (December 1, 2011). "Seismic effects of the Caloris basin impact, Mercury" (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032063311002340>). *Planetary and Space Science*. **59** (15): 1981–1991. Bibcode:2011P&SS...59.1981L (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2011P&SS...59.1981L>). doi:10.1016/j.pss.2011.07.013 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.pss.2011.07.013>). hdl:1721.1/69472 (<https://hdl.handle.net/1721.1%2F69472>). ISSN 0032-0633 (<https://search.worldcat.org/issn/0032-0633>).
75. Luzum, Brian; Capitaine, Nicole; Fienga, Agnès; Folkner, William; Fukushima, Toshio; Hilton, James; Hohenkerk, Catherine; Krasinsky, George; Petit, Gérard; Pitjeva, Elena; Soffel, Michael (July 10, 2011). "The IAU 2009 system of astronomical constants: the report of the IAU working group on numerical standards for Fundamental Astronomy" (<https://doi.org/10.1007%2Fs10569-011-9352-4>). *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. **110** (4): 293. Bibcode:2011CeMDA.110..293L (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2011CeMDA.110..293L>). doi:10.1007/s10569-011-9352-4 (<https://doi.org/10.1007%2Fs10569-011-9352-4>). ISSN 1572-9478 (<https://search.worldcat.org/issn/1572-9478>). S2CID 122755461 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:122755461>).
76. "Ask A Physicist: Sun" (https://web.archive.org/web/20000816180724/http://helios.gsfc.nasa.gov/qa_sun.html#sunenergymass). *Cosmic Helospheric Learning Center*. August 16, 2000. Archived from the original (https://helios.gsfc.nasa.gov/qa_sun.html#sunenergymass) on August 16, 2000. Retrieved February 23, 2022.
77. "Sun Fact Sheet" (<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html>). *nssdc.gsfc.nasa.gov*. Retrieved March 22, 2022.
78. Khokhlov, A.; Mueller, E.; Hoefflich, P. (March 1, 1993). "Light curves of type IA supernova models with different explosion mechanisms" (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1993A&A...270..223K>). *Astronomy and Astrophysics*. **270**: 223–248. Bibcode:1993A&A...270..223K (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1993A&A...270..223K>). ISSN 0004-6361 (<https://search.worldcat.org/issn/0004-6361>).
79. Maselli, A.; Melandri, A.; Nava, L.; Mundell, C. G.; Kawai, N.; Campana, S.; Covino, S.; Cummings, J. R.; Cusumano, G.; Evans, P. A.; Ghirlanda, G.; Ghisellini, G.; Guidorzi, C.; Kobayashi, S.; Kuin, P.; LaParola, V.; Mangano, V.; Oates, S.; Sakamoto, T.; Serino, M.; Virgili, F.; Zhang, B.-B.; Barthelmy, S.; Beardmore, A.; Bernardini, M. G.; Bersier, D.; Burrows, D.; Calderone, G.; Capalbi, M.; Chiang, J. (2014). "GRB 130427A: A Nearby Ordinary Monster". *Science*. **343** (6166): 48–51. arXiv:1311.5254 (<https://arxiv.org/abs/1311.5254>). Bibcode:2014Sci...343..48M (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014Sci...343..48M>). doi:10.1126/science.1242279 (<https://doi.org/10.1126%2Fscience.1242279>). PMID 24263134 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24263134>). S2CID 9782862 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:9782862>).
80. The LIGO Scientific Collaboration; the Virgo Collaboration; Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.; Abernathy, M. R.; Acernese, F.; Ackley, K.; Adams, C. (June 14, 2016). "Properties of the Binary Black Hole Merger GW150914". *Physical Review Letters*. **116** (24) 241102. arXiv:1602.03840 (<https://arxiv.org/abs/1602.03840>). Bibcode:2016PhRvL.116x1102A (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016PhRvL.116x1102A>). doi:10.1103/PhysRevLett.116.241102 (<https://doi.org/10.1103%2FPhysRevLett.116.241102>). ISSN 0031-9007 (<https://search.worldcat.org/issn/0031-9007>). PMID 27367378 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27367378>). S2CID 217406416 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:217406416>).
81. "Big Bang Energy (Ask an Astrophysicist)" (https://web.archive.org/web/20140819120709/http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/ask_astro/answers/980211b.html). *Imagine the Universe!*. February 11, 1998. Archived from the original (https://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/ask_astro/answers/980211b.html) on August 19, 2014. Retrieved March 23, 2022.
82. *US Army FM 3–34.214: Explosives and Demolition*, 2007, page 1–2.

83. Török, Zoltán; Ozunu, Alexandru (2015). "Hazardous properties of ammonium nitrate and modeling of explosions using TNT equivalency" (<https://doi.org/10.30638%2Feemj.2015.284>). *Environmental Engineering & Management Journal*. **14** (11): 2671–2678. Bibcode:2015EEMJ...14.2671T (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015EEMJ...14.2671T>). doi:10.30638/eemj.2015.284 (<https://doi.org/10.30638%2Feemj.2015.284>).
84. Queensland Government. "Storage requirements for security sensitive ammonium nitrate (SSAN)" (<https://www.dnrme.qld.gov.au/business/mining/safety-and-health/alerts-and-bulletins/explosives/storage-req-security-sensitive-ammonium-nitrate-ssan>). Archived (<https://web.archive.org/web/20201022034302/https://www.dnrme.qld.gov.au/business/mining/safety-and-health/alerts-and-bulletins/explosives/storage-req-security-sensitive-ammonium-nitrate-ssan>) from the original on October 22, 2020. Retrieved August 24, 2020.
85. "Whitehall Paraindustries" (<http://whitehall-paraindustries.com/Hero/Conversions/explosives.htm>). Archived (<https://web.archive.org/web/20170210152757/http://whitehall-paraindustries.com/Hero/Conversions/explosives.htm>) from the original on February 10, 2017. Retrieved March 31, 2017.
86. "FM 5–250" (<https://www.bits.de/NRANEU/others/amd-us-archive/fm5-250%2892%29.pdf>) (PDF). *bits.de*. United States Department of the Army. Archived (<https://web.archive.org/web/20200805043954/https://www.bits.de/NRANEU/others/amd-us-archive/fm5-250%2892%29.pdf>) (PDF) from the original on August 5, 2020. Retrieved October 23, 2019.
87. Fedoroff, Basil T.; Sheffield, Oliver E. (January 1, 1974). "N - Nitroguanidine". *Encyclopedia of Explosives and Related Items* (<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA011845.pdf#page=798>) (PDF) (Technical report). Vol. 6, Etageguss to Gyroscopic Movement of Projectiles. Picatinny Arsenal, Dover, NJ: U.S. Army Research and Development Command TACOM - Ardec Warheads, Energetics and Combat Support Center. p. G155-6. LCCN 61-61759 (<https://lccn.loc.gov/61-61759>). ADA011845, PATR2700.
88. PubChem. "Medina" (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/26524>). *pubchem.ncbi.nlm.nih.gov*. Retrieved May 20, 2024.
89. "methylenedinitramine | CH4N4O4 | ChemSpider" (<https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.24707.html>). *www.chemspider.com*. Retrieved May 20, 2024.
90. Li, Yin; Deng, Guoqiang (December 1, 2024). "Assessment of the lethal effect of a 500 kg deep-earth penetrating warhead striking underground confined space" (<https://doi.org/10.1088%2F1742-6596%2F2891%2F6%2F062006>). *Journal of Physics: Conference Series*. **2891** (6) 062006. Bibcode:2024JPhCS2891f2006L (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024JPhCS2891f2006L>). doi:10.1088/1742-6596/2891/6/062006 (<https://doi.org/10.1088%2F1742-6596%2F2891%2F6%2F062006>). ISSN 1742-6588 (<https://search.worldcat.org/issn/1742-6588>).
91. "Low Vulnerability Explosive of a kind of thermosetting property and preparation method thereof" (<https://patents.google.com/patent/CN109206283A/en>). *Google Patents*. March 16, 2018. Retrieved June 14, 2025.

External links

- Cooper, Paul W. (1996). *Explosives Engineering*. New York: Wiley-VCH. ISBN 978-0-471-18636-6.
- HQ Department of the Army (2004) [1967]. *Field Manual 5-25: Explosives and Demolitions*. Washington, D.C.: Pentagon Publishing. pp. 83–84. ISBN 978-0-9759009-5-6. 1967 edition (https://archive.org/details/FM_5_25_E_D_1967).
- Mathieu, Jörg; Stucki, Hans (2004). "Military High Explosives" (<https://doi.org/10.2533%2F000942904777677669>). *CHIMIA International Journal for Chemistry*. **58** (6): 383–389. doi:10.2533/000942904777677669 (<https://doi.org/10.2533%2F000942904777677669>). ISSN 0009-4293 (<https://search.worldcat.org/issn/0009-4293>).
- National Research Council (2004). "3. Thermobaric Explosives". *Advanced Energetic Materials* (<https://www.nap.edu/openbook/0309091608/html/16.html>). The National Academies Press, nap.edu. Bibcode:2004nap..book10918N (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004nap..book10918N>). doi:10.17226/10918 (<https://doi.org/10.17226%2F10918>). ISBN 978-0-309-09160-2.
- Nuclear Weapons Frequently Asked Questions Part 1.3 "Units of Measurement" (<https://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq1.html#nfaq1.3>)—The Nuclear Weapon Archive: A Guide to Nuclear Weapons
- Rhodes, Richard (2012). *The Making of the Atomic Bomb* (<https://books.google.com/books?id=2G2TIJOhGI8C>) (25th Anniversary ed.). Simon & Schuster. ISBN 978-1-4516-7761-4.
- Thompson, A.; Taylor, B. N. (July 2008). *Guide for the Use of the International System of Units (SI)* (<https://physics.nist.gov/Pubs/SP811/contents.html>). NIST Special Publication 811. National Institute of Standards and Technology. Version 3.2.
- Urbański, Tadeusz (1985) [1984]. *Chemistry and Technology of Explosives* (Second ed.). Oxford: Pergamon. Vol. I (https://archive.org/details/Chemistry_and_Technology_of_Explosives_vol_1_Urbanski); Vol. II (https://archive.org/details/Chemistry_and_Technology_of_Explosives_vol_2_Urbanski); Vol. III (http://archive.org/details/Chemistry_and_Technology_of_Explosives_vol_3_Urbanski).

[s://archive.org/details/Chemistry_and_Technology_of_Explosives_vol_2_Urbanski](https://archive.org/details/Chemistry_and_Technology_of_Explosives_vol_2_Urbanski)); Vol. IV (https://archive.org/details/Chemistry_and_Technology_of_Explosives_vol_2_Urbanski).

Retrieved from "https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=TNT_equivalent&oldid=1342026721"