

**DIRETRIZES TÉCNICAS  
INTERNACIONAIS DE  
MUNIÇÃO**

**IATG  
01.80**

2a Edição  
01-02-2015

---

---

**Fórmulas para a gestão de munição**

### **Aviso**

Este documento é atual com efeito a partir da data indicada na página de rosto. Uma vez que as Diretrizes Técnicas Internacionais de Munição (IATG) estão sujeitas a análise e revisão, os usuários devem consultar o website do projeto IATG (<http://www.un-arm.org>) a fim de verificar seu status, ou através do Escritório da ONU na seção Assunto de Desarmamento de Armas Convencionais no website <http://www.un.org/disarmament>.

### **Nota de direitos autorais**

Este é um documento de Diretrizes Técnicas Internacionais de Munição (IATG) e é protegido por direitos autorais pela ONU. Este documento, ou qualquer parte dele, não poderá ser reproduzido, armazenado ou transmitido de forma qualquer, ou por quaisquer meios, para qualquer outra finalidade sem a permissão prévia por escrito da UNODA, agindo em nome da ONU.

Este documento não deve ser vendido.

United Nations Office for Disarmament Affairs  
Room S-3120, United Nations, New York, NY 10017, USA [EUA]

E-mail: [un-arm@un.org](mailto:un-arm@un.org)  
Telefone: (+1) (212) 963 5876  
Fax: (+1) (212) 963 5369

## Índice

Índice.....	ii
Prefácio.....	iv
Introdução.....	v
Fórmulas para a gestão de munição.....	1
1 Escopo.....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Termos e definições.....	1
4 Contexto.....	2
5 Lei de escala Hopkinson-Cranz.....	2
6 Ruptura de ar.....	3
6.1 Rankine-Hugoniot (parâmetros da frente de choque).....	3
6.1.1. Velocidade da frente de choque.....	3
6.1.2. Velocidade da partícula.....	3
6.1.3. Densidade do ar atrás da frente de choque.....	4
6.1.4. Pressão dinâmica.....	4
6.1.5. Pressão refletida.....	4
6.2 Kingery Bulmash.....	4
6.2.1. Pressão Incidente.....	5
6.2.2. Impulso Incidente.....	5
6.2.3. Pressão Refletida.....	6
6.2.4. Impulso Refletido.....	6
6.3 Lei de escala Sachs.....	6
6.4 Coeficiente de Reflexão.....	7
6.5 Impulso.....	7
6.5.1. Impulso geral.....	7
6.5.2. Impulso em Escala.....	7
7 Parâmetros explosivos.....	7
7.1 Pressão de detonação.....	7
7.2 Equivalência de TNT.....	8
8 Balística.....	8
8.1 Gurney.....	8
8.2 Estimativa simples de alcance do fragmento.....	9
9 Alcance simples para distâncias de segurança.....	10
9.1 Equações básicas.....	10
9.2 Equações básicas (alternativa).....	10
9.3 Áreas de perigo vertical.....	11
9.4 Previsão simples de ruído.....	11
10 Efeitos em estruturas.....	11
10.1 Ruptura de ar.....	11

10.2	Fragmentação.....	13
10.3	Choque do solo.....	13
11	Efeitos sobre as pessoas.....	14
11.1	Risco individual.....	14
11.2	Níveis de lesões primárias por explosão .....	14
11.3	Níveis de lesões secundárias por explosão .....	15
12	Armazenamento abaixo do solo .....	15
	Anexo A (normativo) Referências .....	17
	Anexo B (informativo) Referências .....	18

## Prefácio

A Resolução 61/72<sup>1</sup> da Assembleia Geral solicitou ao Secretário-Geral a criação de um grupo de peritos governamentais para considerar novas medidas para reforçar a cooperação em relação à questão dos excedentes de estoques de munição convencional. O relatório do grupo<sup>2</sup> para a sexagésima terceira sessão da Assembleia-Geral apresentou uma visão abrangente dos problemas decorrentes da acumulação de excedentes de estoques de munição convencional. O grupo observou que a cooperação em relação às necessidades de gerenciamento efetivo de estoque precisa apoiar uma abordagem de "gestão integral", compreendendo desde sistemas de categorização e de contabilidade, que são essenciais para garantir o manuseio e armazenamento seguros e para a identificação de excedentes, para sistemas de segurança física e de vigilância e procedimentos de teste para avaliar a estabilidade e confiabilidade da munição. O grupo recomendou especificamente o desenvolvimento de diretrizes técnicas adequadas.

A sexagésima terceira sessão da Assembleia-Geral aprovou a Resolução A/RES/63/61<sup>3</sup>, que acolheu favoravelmente o relatório do grupo de peritos governamentais e incentivou fortemente o Estado a implementar suas recomendações. Isso proporcionou ao mandato a elaboração de diretrizes técnicas apropriadas.<sup>4</sup>

O trabalho de preparação, análise e revisão destas diretrizes foi realizado por um Painel de Análise Técnica (TRP), com o apoio de organizações internacionais, governamentais e não governamentais. A versão mais recente de cada diretriz, juntamente com informações sobre o trabalho do grupo de análise técnica, pode ser encontrada em <http://www.un-arm.org>. A IATG será analisada pelo menos a cada cinco anos para refletir o desenvolvimento de normas e práticas de gestão de estoques de munições convencionais e para incorporar mudanças devido a alterações aos regulamentos e exigências internacionais apropriadas.

---

<sup>1</sup> UN General Assembly (UNGA) Resolution A/RES/61/72, *Problems arising from the accumulation of conventional ammunition stockpiles in surplus*. 06 Dezembro 2006.

<sup>2</sup> UN General Assembly (UNGA) Resolution A/RES/63/182, *Problems arising from the accumulation of conventional ammunition stockpiles in surplus*. 28 Julho 2008. (Report of the Group of Governmental Experts).

<sup>3</sup> UN General Assembly (UNGA) Resolution A/RES/63/61, *Problems arising from the accumulation of conventional ammunition stockpiles in surplus*. 12 Janeiro 2009.

<sup>4</sup> Referido como Diretrizes Técnicas Internacionais de Munição (IATG) para fácil referência.

## Introdução

A natureza de munição e de explosivos com o seu potencial para reações não planejadas e violentas torna necessário o desenvolvimento de recomendações e diretrizes para gestão de munição convencional, gestão de estoque segura. Isso requer, por necessidade, uma abordagem<sup>5</sup> baseada no risco, que deve ser baseada em sólida engenharia de explosivo e ciência.

Decisões de gestão de risco com base em conhecimento mais completo podem ser feitas se a probabilidade de um acidente de explosivos puder ser levada em conta, bem como as consequências. Isto requer o conhecimento da gama de fórmulas cientificamente aceitas que podem ser usadas para apoiar a tomada de decisão e de gestão de risco durante a gestão de estoque de munição convencional.

Esta IATG resume as fórmulas científicas que são úteis ou essenciais para a gestão de estoque segura, eficaz e eficiente. A sua utilização pormenorizada é explicada no outro tópico específico IATG no restante das orientações ou no software IATG acompanhante.

---

<sup>5</sup> IATG 02.10 *Introdução aos Princípios e Processos de Gestão de Risco* contém mais informações sobre as abordagens baseadas no risco para a gestão de estoques de munição convencional.

## Fórmulas para a gestão de munição

### 1 Escopo

Esta IATG apresenta e resume fórmulas sólidas e cientificamente comprovadas que podem ser utilizadas para apoiar o processo de decisão e os processos de gestão de risco essenciais para a gestão de estoque de munição convencional eficaz e segura.<sup>6</sup> Orientações sobre seu uso adequado estão contidas ou neste IATG, ou no software IATG complementar ou em outro IATG técnico mais específico. Elas são resumidas aqui para facilitar a referência na sua utilização posterior.

### 2 Referências normativas

Os seguintes documentos referidos são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, somente a edição citada se aplica. Para referências não datadas, a última edição do referido documento (incluindo quaisquer emendas) é aplicada.

Uma lista de referências normativas é dada no Anexo A. Referências normativas são documentos importantes os quais se faz referência neste guia, e que fazem parte das disposições do presente guia.

Outra lista de referências informativas é dada no Anexo B, na forma de uma bibliografia, que lista os documentos adicionais que contêm outras informações úteis sobre fórmulas para gestão de estoques de munição convencional.

### 3 Termos e definições

Para os propósitos deste guia, os seguintes termos e definições, bem como a lista mais abrangente dada em IATG 01.40:2015 (E) *Termos, definições e abreviaturas*, podem ser aplicados.

O termo "capacidade de detonação" refere-se ao *efeito devastador, ou ao poder de uma explosão ou explosivo*.

O termo "perigo" se refere a *uma fonte potencial de dano*.

O termo "quantidade de distância" (QD) *refere-se à distância de segurança designado entre um local de explosão (PES) e um local exposto (ES)*.

O termo "risco" refere-se a *uma combinação da probabilidade de ocorrência de dano e da gravidade desse dano*.

O termo "gestão de risco" refere-se a *todo o processo de tomada de decisão baseada no risco*.

Em todos os módulos das Diretrizes Técnicas Internacionais de Munição as palavras 'deve', 'deveria', 'poderia' e 'pode' são usados para expressar disposições de acordo com o seu uso em normas ISO.

- a) **"deve" indica um requisito:** É usado para indicar requisitos a serem estritamente seguidos para a conformidade do documento e do qual nenhum desvio é permitido
- b) **"deveria" indica uma recomendação:** É usado para indicar que uma, entre várias possibilidades, é recomendada como particularmente adequada, sem mencionar ou excluir as outras, ou que uma determinada linha de ação é preferível, mas não necessariamente requerida, ou que (na forma negativa, "não deveria".) certa possibilidade ou plano de ação é obsoleto, mas não proibido.

---

<sup>6</sup> A utilização detalhada das fórmulas é explicada no outro tópico específico IATG no restante das orientações.

- c) **"poderia" indica permissão:** É usado para indicar um plano de ação permissível dentro dos limites do documento.
- d) **"pode" indica possibilidade e capacidade:** É usado para as declarações de possibilidade e capacidade, seja material, física ou casual.

## 4 Contexto

Munições e explosivos, por sua própria natureza, apresentam um risco inerente durante o armazenamento e, se não forem administrados corretamente, um perigo latente para as comunidades locais em sua vizinhança. Eventos explosivos indesejáveis ocorrem regularmente em áreas de armazenamento de munição globalmente, mas a maior parte do impacto negativo resultante nas comunidades locais teria sido evitável se os sistemas de gestão de risco eficaz tivessem sido desenvolvidos e implementados.

O uso da ciência e engenharia explosiva comprovada e sólida, portanto, é essencial no apoio aos processos de gestão de risco necessários para alcançar uma gestão de estoque de munição convencional segura e eficiente.

Esta IATG contém fórmulas que devem ser usados para apoiar os processos de gestão de riscos no âmbito da gestão de estoque de munição convencional e resume seu uso potencial. Informações mais detalhadas sobre o uso de cada fórmula está contida dentro do tópico IATG específico no restante das orientações.

## 5 Lei de escala Hopkinson-Cranz

Muitos estados usam as regras com base nos explosivos, a sua quantidade, e a distância do explosivo até onde as pessoas estão em risco. Essas regras são conhecidas como critério Quantidade-Distância (QD), e baseiam-se na abordagem derivada da Lei de Escala Hopkinson-Cranz<sup>78</sup>, que é novamente alterada por uma série de coeficientes. Ele é a base de grande parte do trabalho sobre a estimativa de quantidade e distâncias de separação apropriados.

NOTA 1 Nem sempre é possível fornecer as distâncias de separação exigidas pela QD, que são o pior caso, e um sistema de análise de risco alternativo de avaliação quantitativa dos riscos (AQR) pode ser usado. Vide IATG 02.20 *Quantidade de distância e separação* para informações mais detalhadas.

A Lei de Escala *Hopkinson-Cranz* também é referida como *Lei de Escala da Raiz Cúbica*:

$(R_1/R_2) = (W_1/W_2)^{1/3}$ $R = Z \cdot W^{1/3}$	R = Distância (m) Z= Constante de Proporcionalidade (dependente de sob repressão de explosão aceitável) W = Peso do Explosivo (kg)
---	---

Tabela 1: Lei de Escala Hopkinson-Cranz

Exemplos da constante "Z" utilizada em segurança<sup>9</sup> de armazenamento de explosivos estão apresentados na Tabela 2:

Z	Objetivo	Observações
8,0	Usado para prever distâncias de separação entre edifícios de processo de munição (APB) dentro de uma área de armazenamento de explosivos (ESA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Além disso, distâncias mínimas de segurança aplicam-se ainda mais se R</li> </ul>

<sup>7</sup> *Hopkinson B*, UK Ordnance Board Minutes 13565, 1915.

<sup>8</sup> *Cranz C*, Lehrbuch der Ballistik, Springer-Verlag, Berlin, 1916.

<sup>9</sup> Estas são as configurações padrão 'Z' no Software IATG, embora o software permita que o usuário insira valores alternativos 'Z'.



Z	Objetivo	Observações
14,8	Usado para prever distâncias de separação entre um depósito de explosivos (ESH) e uma rota de tráfego público com acesso civil.	está abaixo de um certo nível, o que é diferente para cada função 'Z'.
22,2	Usado para prever distâncias de separação entre um depósito de explosivos (ESH) e um prédio habitado por civis.	
44,4	Usado para prever distâncias de separação entre um depósito de explosivos (ESH) e um prédio vulnerável habitado por civis (por exemplo, uma escola).	

Tabela 2: Exemplos da Constante 'Z'

Mais detalhes sobre o uso prático desta fórmula estão contidos em IATG 02.20 *Distâncias de quantidade e separação*.

## 6 Ruptura de ar

Os parâmetros característicos de uma onda de explosão com uma descontinuidade de pressão repentina na frente de choque são como se segue:

- sobrepresão;
- pressão dinâmica;
- pressão refletida;
- densidade;
- velocidade na frente de choque; e
- velocidade da partícula.

Estes parâmetros podem ser obtidos através das equações de *Rankine-Hugoniot*.<sup>10</sup>

### 6.1 Rankine-Hugoniot (parâmetros da frente de choque)<sup>11</sup>

#### 6.1.1. Velocidade da frente de choque

$V_{sf} = c \cdot (1 + (6P_s/7P_0))^{1/2}$	$V_{sf}$ = Velocidade da Frente de Choque (m/s) $c$ = Velocidade do Som (m/s) $P_s$ = Pico de Pressão de Frente (kPa) $P_0$ = Pressão do Ambiente (kPa)
--	--

Tabela 3: Velocidade da frente de choque

#### 6.1.2. Velocidade da partícula.

$V_p = (5P_s/7P_0) \cdot (c/(1 + (6P_s \cdot 7P_0))^{1/2})$	$V_p$ = Velocidade da Partícula (m/s) $P_s$ = Pico de Pressão de Frente (kPa) $P_0$ = Pressão do Ambiente (kPa) $c$ = Velocidade do Som (m/s)
---	--

Tabela 4: Velocidade da partícula.

<sup>10</sup> Rankine W J H. The Dynamics of Explosion and its Use. Elsevier. Amsterdã. 1979.

<sup>11</sup> As equações de *Rankine-Hugoniot* só são aplicáveis sob a condição de que a velocidade das partículas à frente da frente de choque é zero, e que o ar se comporta como um gás ideal (com um razão de calor específica de 1.4)

### 6.1.3. Densidade do ar atrás da frente de choque

$D_{sf} = (7 + (6 P_s / 7P_0)) / (7 + P_s / 7P_0) \cdot D_{ar}$	$D_{sf}$ = Densidade do Ar atrás da Frente de Choque (kg/m <sup>3</sup> ) $P_s$ = Pico de Pressão de Frente (kPa) $P_0$ = Pressão do Ambiente (kPa) $D_{ar}$ = Densidade do Ar
---	---

Tabela 5: Densidade do ar atrás da frente de choque

### 6.1.4. Pressão dinâmica

A pressão dinâmica durante a carga de onda explosiva de uma estrutura é uma função da pressão ao longo do tempo, em oposição a uma carga de explosão quasi-estática num dado momento de tempo:

$P_d = 5P_s^2 + 2(P_s + 7P_0)$	$P_s$ = Pico de Pressão Dinâmica (kPa) $P_s$ = Pico de Pressão de Frente (kPa) $P_0$ = Pressão do Ambiente (kPa)
--------------------------------	--

Tabela 6: Pressão dinâmica

### 6.1.5. Pressão refletida;<sup>12</sup>

$P_r = 2P_s \cdot ((7P_0 + 4P_s) / (7P_0 + P_s))$	$P_s$ = Pico de Pressão Normalmente Refletida (kPa) $P_0$ = Pressão do Ambiente (kPa) $P_s$ = Pico de Pressão de Frente (kPa)
---	---

Tabela 7: Pressão refletida

Mais detalhes sobre o uso prático dessas fórmulas estão contidos na IATG 02.20 Distâncias de quantidade e separação ou o conceito da Análise de Consequência da Explosão em IATG 02.10 *Introdução aos processos da gestão de risco* e o software IATG acompanhante.

## 6.2 Kingery Bulmash

Equações para estimar a sobrepressão da explosão à distância foram desenvolvidas por Charles Kingery e Gerald Bulmash. Essas equações são amplamente aceitas como previsões de engenharia para determinar as pressões em campo livre e cargas em estruturas, e formam a base do Programa de Armas Convencionais Efeitos software (CONWEP) dos EUA. Seu relatório<sup>13</sup> contém uma compilação de dados de testes de explosivos usando cargas pesando de menos de 1 kg até mais de 400,000 kg. Os autores utilizaram técnicas de ajuste de curvas para representar os dados com equações polinomiais de ordem superior, que estão incluídas no software que acompanha a IATG para facilidade de aplicação.

As equações estão resumidas nas Tabelas 8-13 para obter informações, onde as funções para representar os parâmetros de corrente de ar em função da distância em metros para a explosão esférica ao ar-livre de 1kg de TNT são mostrados para: 1) Pressão Incidente; 2) Impulso Incidente; 3) Pressão Refletida; e 4) Impulso Refletido.

<sup>12</sup> Pressão normalmente refletida;

<sup>13</sup> Charles N Kingery e Gerald Bulmash. Airblast Parameters from TNT Spherical Air Burst and Hemispherical Surface Burst, US Technical Report ARBRL-TR-02555. Ballistics Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, Maryland, USA. Abril 1984

Os valores numéricos para as constantes 'C' e 'K' são aqueles para uma carga de 1 kg de TNT equivalente. Previsões para outros explosivos; é necessário que a equivalência de TNT seja estimada primeira (cláusula 7.2).

$Y = C_0 + C_1U + C_2U + C_3U \dots\dots\dots C_nU$	<p>Y = Logaritmo comum da Ruptura de Ar Parâmetro (métrico) (Pressão ou Impulso) C<sub>0,1,2 etc</sub> = Constante U = K<sub>0</sub> + K<sub>1</sub>T K<sub>0,1 etc</sub> = Constante T = Logaritmo Comum da distância (m)</p>
---	--

Tabela 8: Forma polinomial geral Kingery e Bulmash

### 6.2.1. Pressão Incidente

Essa equação tem uma gama de aplicabilidade de 0,05 - 40m.

$U = -0.214362789151 + 1.35034249993T$ <p><i>Em seguida, substituir U em</i></p> $Y = 2.611368669 - 1.69012801396U + 0.00804973591951U_2 + 0.336743114941U_3 - 0.00516226351334U_4 - 0.08092286198R8U_5 - 0.00478507266747U_6 + 0.00793030472242U_7 + 0.0007684469735U_R$	<p>U = K<sub>0</sub> + K<sub>1</sub>T T = Logaritmo Comum da distância (m) Y = Logaritmo comum da Ruptura de Ar Parâmetro (métrico) (Pressão ou Impulso)</p>
---	--

Tabela 9: Polinomial de Kingery e Bulmash para Pressão Incidente

### 6.2.2. Impulso Incidente

A equação na Tabela 10 é aplicável apenas para a faixa de campo perto de 0.0531m, em outras palavras, imediatamente ao lado da carga explosiva.

$U = 2.34723921354 + 3.24299066475T$ <p><i>Em seguida, substituir U em</i></p> $Y = 2.38830516757 - 0.443749377691U + 0.168825414684U_2 + 0.0348138030308U_3 - 0.010435192824U_4$	<p>U = K<sub>0</sub> + K<sub>1</sub>T T = Logaritmo Comum da distância (m) Y = Logaritmo comum da Ruptura de Ar Parâmetro (métrico) (Pressão ou Impulso)</p>
---	--

Tabela 10: Polinomial de Kingery e Bulmash para Impulso Incidente (campo muito próximo)

A equação na Tabela 11 é aplicável para as gamas conforme a onda da explosão se afasta da carga explosiva (0,792 - 40.0m).

$U = -1.75305660315 + 0.30629231803T$ <p><i>Em seguida, substituir U em</i></p> $Y = 1.55197227115 - 0.40463292088U - 0.0142721946082U_2 + 0.00912366316617U_3 - 0.0006750681404U_4 - 0.0080086371B901U_5 = 0.00314819515931U_6 + 0.00152044783382U_7 - 0.0007470265899U_8$	<p>U = K<sub>0</sub> + K<sub>1</sub>T T = Logaritmo Comum da distância (m) Y = Logaritmo comum da Ruptura de Ar Parâmetro (métrico) (Pressão ou Impulso)</p>
---	--

Tabela 11: Polinomial de Kingery e Bulmash para Impulso Incidente

### 6.2.3. Pressão Refletida

Essa equação tem uma gama de aplicabilidade de 0,05 - 40m.

$U = -0.214362789151 + 1.35034249993T$ <p style="text-align: center;"><i>Em seguida, substituir U em</i></p> $Y = 3.22958031387 - 2.21400538997U + 0.035119031446U_2 + 0.657599992109U_3 + 0.0141818951887U_4 - 0.243076636231U_5 - 0.0158699803158U_6 + 0.0492741184234U_7 + 0.00227639644004U_8 - 0.00397126276058U_9$	$U = K_0 + K_1 T$ T = Logaritmo Comum da distância (m) Y = Logaritmo comum da Ruptura de Ar Parâmetro (métrico) (Pressão ou Impulso)
--	---

Tabela 12: Polinomial de Kingery e Bulmash para Pressão Refletida

### 6.2.4. Impulso Refletido

Essa equação tem uma gama de aplicabilidade de 0,05 - 40m.

$U = 0.204004553231 + 1.37882996018T$ <p style="text-align: center;"><i>Em seguida, substituir U em</i></p> $Y = 2.55875660396 - 0.903118886091U + 0.101771877942U_2 - 0.0242139751146U_3$	$U = K_0 + K_1 T$ T = Logaritmo Comum da distância (m) Y = Logaritmo comum da Ruptura de Ar Parâmetro (métrico) (Pressão ou Impulso)
--	---

Tabela 13: Polinomial de Kingery e Bulmash para Impulso Refletido

Mais detalhes sobre o uso prático dessas fórmulas estão contidos no conceito de Análise de Consequência da Explosão em IATG 02.10 Introdução aos processos da gestão de risco e o software IATG acompanhante.

## 6.3 Lei de escala Sachs

No caso de ondas de choque de explosões produzidas em altitude, onde as condições ambientais podem ser muito diferentes dos que ao nível do mar, a lei de escala mais utilizada é aquela de Sachs.<sup>14</sup> A aplicação da lei de escala Sachs leva à formulação de fatores de escala de altitude.

<p style="text-align: center;"><i>Distância em escala em Altitude 'z'</i></p> $S_{dz} = (P_0/P_z)^{1/3}$ <p style="text-align: center;"><i>Pressão em escala em Altitude 'z'</i></p> $S_{pz} = (P_z/P_0)$ <p style="text-align: center;"><i>Impulso em escala em Altitude 'z'</i></p> $S_{iz} = (P_z/P_0)^{2/3} \cdot (T_0/T_z)^{1/2}$ <p style="text-align: center;"><i>Impulso em escala em Altitude 'z'</i></p> $S_t = (P_0/P_z)^{1/3} \cdot (T_0/T_z)^{1/2}$	$S_{dz}$ = Distância em Escala em Altitude 'z' (m) $P_0$ = Pressão do Ambiente (kPa) (101.33kPa) $P_z$ = Pressão em Altitude 'z' (kPa) $S_{dz}$ = Pressão em Escala em Altitude 'z' (m) $S_{iz}$ = Impulso em Escala em Altitude 'z' (kg.m/s) $T_0$ = Temperatura Ambiente (K) (288.16 <sup>o</sup> K) $P_z$ = Temperatura em Altitude 'z' (kPa) $S_{iz}$ = Tempos em Escala em Altitude 'z' (kg.m/s)
--	--

Tabela 14: Fatores de escala Sachs

<sup>14</sup> Sachs R G. The dependence of Blast on Ambient Pressure and Temperature. Technical Report 466. Ballistics Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, Maryland, USA. Maio 1944.

## 6.4 Coeficiente de Reflexão

O Coeficiente de Reflexão é usado durante a análise de consequências de explosão (ECA) para comparar Pico de Pressão Refletida contra Pico de Pressão de Frente:

$C_r = P_r / P_s$	$C_r$ = Coeficiente de Reflexão $P_s$ = Pico de Pressão Normalmente Refletida (kPa) $P_s$ = Pico de Pressão de Frente (kPa)
-------------------	---

Tabela 15: Coeficiente de Reflexão

## 6.5 Impulso

### 6.5.1. Impulso geral

O parâmetro decisivo para os danos causados por ruptura de ar é o impulso de sobrepressão positivo. Deve ser determinada por integração da fase positiva de sobrepressão (ou seja, definido pela área total abaixo da curva de pressão-tempo).

$I_s = \int P_s \cdot t \cdot dt$	$I_s$ = Impulso de Frente (kg.m/s) $P_s$ = Pico de Pressão de Frente (kPa) $t$ = Tempo (s)
-----------------------------------	--

Tabela 16: Impulso geral

### 6.5.2. Impulso em Escala

O impulso em escala é frequentemente usado para prever os efeitos de explosão em seres humanos:

$I_{si} = I_s / P_0^{1/2} \cdot m^{1/3}$	$I_s$ = Impulso em Escala (kg.m/s) $I_s$ = Impulso de Frente (kg.m/s) $P_0$ = Pressão do Ambiente (kPa) $M$ = Massa do Indivíduo (kg)
--	--

Tabela 17: Impulso em Escala em Indivíduos

## 7 Parâmetros explosivos

### 7.1 Pressão de detonação

A Pressão de Detonação de um explosivo fornece um indicador da sua capacidade de fazer o trabalho e determina se ele é de alta capacidade de detonação explosiva ou baixa capacidade de detonação explosiva. Ela pode ser aproximada como se mostra na Tabela 18:

$P_{det} = 2.5 \cdot V_d \cdot (D/0.0000001)$	$P_{det}$ = Pressão de Detonação (GPa) $V_d$ = Velocidade de Detonação do Explosivo (m/s) $D$ = Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
---	--

Tabela 18: Pressão de detonação

## 7.2 Equivalência de TNT

A maioria das equações da ruptura de ar e de impulso prevê para o TNT, e é, portanto, desejável converter a massa explosiva em massa equivalente a carga TNT.

$M_{TNTe} = (E_{exp}^d / E_{TNT}^d) \cdot M_{exp}$	$M_{TNTe}$ = Massa equivalente de TNT(kg) $E_{exp}^d$ = Energia Específica de Detonação do Explosivo (J/kg) $E_{TNT}^d$ = Energia Específica de Detonação do TNT (J/kg) $M_{exp}$ = Massa do Explosivo (kg)
--	--

Tabela 19: Equivalência de TNT

A tabela 20 contém fatores de equivalência pré-calculados de TNT para uma série de altos explosivos. Estes são acurados o suficiente para propósitos de projeto.

Explosivo	Massa Equivalente de TNT		Distância de Pressão (MPa)
	Pressão de Pico (MPa)	Impulso	
Composição B	1,11	0,98	0,035 - 0,350
Composição do C3	1,08	1,01	0,035 - 0,350
Composição do C4	1,37	1,19	0,070 - 0,700
Octol 75/25	1,06	1,06	-
PETN	1,27	-	0,035 - 0,700
RDX	1,14	1,09	-
RDX / TNT 60/40 (Ciclotol)	1,14	1,09	0,035 - 0,350
Tetril	1,07	-	0,021 - 0,140
TNT	1,00	1,00	Padrão
Tritonal	1,07	0,96	0,035 - 0,700

Tabela 20: Equivalência de TNT

## 8 Balística

### 8.1 Gurney

As *Equações de Gurney*<sup>15</sup> são uma gama de fórmulas utilizadas em engenharia de explosivos para prever o quão rápido um explosivo acelerará uma camada envolvente de metal ou outro material, quando o explosivo detona. Isto determina o quão rápido os fragmentos são lançados em uma detonação de um item de munição. A velocidade inicial do fragmento pode, então, ser usada com outras equações de balística para prever áreas de perigo ou penetração de fragmentos.

<sup>15</sup> Gurney, R. W. The Initial Velocities of Fragments from Bombs, Shells, and Grenades, BRL-405. Ballistic Research Laboratory, Aberdeen, Maryland. EUA. 1943.

<p><i>Equação de Carga Cilíndrica</i><sup>16</sup> <math>(V/\sqrt{2E}) = ((M/C_{exp}) + 1/2)^{-1/2}</math></p> <p><i>Equação de Carga Esférica</i><sup>17</sup> <math>(V/\sqrt{2E}) = ((M/C_{exp}) + 3/5)^{-1/2}</math></p>	<p>V = Velocidade Inicial do Fragmento (m/s)  <math>\sqrt{2E}</math> = Constante de Gurney para um dado explosivo (m/s)  M = Massa do Fragmento (kg)<sup>18</sup>  C<sub>exp</sub> = Massa da Carga do Explosivo (kg)</p>
---	---

Tabela 21: Equações Gurney<sup>19</sup>

A Constante de Gurney  $\sqrt{2E}$  é geralmente muito próxima a 1/3 da Velocidade de Detonação do explosivo. A tabela 22 contém as Constantes de Gurney para uma gama de altos explosivos:<sup>20</sup>

Explosivo	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Velocidade de Detonação (m/s)	Constante de Gurney $\sqrt{2E}$ (m/s)
Amatol	1,71	6.800	1.886
Composição B	1,72	7.920	2.774
Composição do C4	1,71	7.800	2.530
HMX	1,71	8.830	2.972
Octol 75/25	1,82	8.480	2.896
PETN	1,71	8.260	2.926
RDX	1,81	8.700	2.926
RDX / TNT 60/40 (Ciclotol)	1,78	8.100	2.402
Tetril	1,62	7.570	2.499
TNT	1,63	6.860	2.438
Tritonal	1,72	6.700	2.316

Tabela 22: Constantes de Gurney

## 8.2 Estimativa simples de alcance do fragmento<sup>21</sup>

Uma equação simples para prever o intervalo de um fragmento está no Quadro 23, mas, uma vez que não reflete nenhuma das características de munição, nem conta para o arrasto, deve ser usado com grande cuidado:

<p><math>R = (V_0/g) \cdot \text{Sin } 2\theta</math></p>	<p>R = Distância (m)  V<sub>0</sub> = Velocidade Inicial do Fragmento (m/s)  g = Gravidade (m/s<sup>2</sup>)  θ = Ângulo de Lançamento (Radianos)</p>
---	---

Tabela 23: Predição simples de distância

Previsões mais precisas dependem de uma série de equações balísticas complexas,<sup>22</sup> devido ao grande número de variáveis envolvidas.<sup>23</sup> Portanto, a análise de uma gama mais detalhada deve

<sup>16</sup> Aproximação de primeira ordem para munições de artilharia de explosivos mais altos, morteiros e mísseis.

<sup>17</sup> Uso para granadas militares e algumas bombinhas de fragmentação.

<sup>18</sup> Para uma munição de artilharia, este é geralmente a base para que uma estimativa de massa seja feita da massa total do corpo.

<sup>19</sup> Há outras equações de Gurney para simétricas, assimétricas, sanduíches confrontados abertos e infinitamente socou. Estes estão além do escopo desta IATG e, por isso, foi excluída.

<sup>20</sup> Densidades e velocidades de detonação são aproximadas conforme misturas explosivas variarem.

<sup>21</sup> Vide Technical Note for Mine Action (TNMA) 10.20/01 *Estimation of Explosion Danger Areas* (Versão 2.0). Genebra. GICHD. Mais detalhes sobre seus usos estão disponíveis lá.

<sup>22</sup> Resistência do Ar, Desaceleração do Fragmento, Fragmentação Mott etc.

ser utilizada apenas por pessoal qualificado e, portanto, não são discutidos mais adiante nesta IATG.

## 9 Alcance simples para distâncias de segurança<sup>24</sup>

### 9.1 Equações básicas

As seguintes distâncias de segurança simples podem ser usadas para estimar áreas de alcance de perigo quando se planeja a destruição de munições por detonação aberta. Elas podem ser usadas para 'planejamento rápido' em intervalos de demolição com zonas de perigo existentes. Caso utilizado em áreas de demolição sem áreas formais de perigo o utilizador deve se lembrar que a distância produzida por estas equações é a distância fora da qual não mais do que um fragmento é esperado voar. Elas NÃO são absolutamente seguras.

<p><i>Para munições de fragmentação quando o acesso público é possível para a área de alcance de demolição.</i> <b>D = 634(AUW)<sup>1/6</sup></b></p> <p><i>Para munições de fragmentação quando o acesso público é negado para a área de alcance de demolição.</i> <b>D = 444(AUW)<sup>1/6</sup></b></p> <p><i>Para explosivo exposto desencapado apenas.</i> <b>D = 130(AUW)<sup>1/3</sup></b></p>	<p>D = Distância (m) AUW = Peso Total Máximo de Munição ou Explosivos Desencapados (kg)</p>
--	---

Tabela 24: Alcance simples para distâncias de segurança

### 9.2 Equações básicas (alternativa)

A Organização de Ciência e Tecnologia de Defesa Australiana (DSTO) realizou uma pesquisa em março de 1997 em demolição de munição e explosivos multi-item. Eles concluíram que as áreas de perigo de explosão de fragmentação para demolições multi-item podem ser reduzidas para aquelas de maior quantidade de massa total em um único equipamento explosivo na demolição fornecida. Os resultados da equação na Tabela 25 comparam favoravelmente com aqueles para a equação de acesso público negado na Tabela 24:

- a munição é organizado em uma matriz linear e NÃO uma pilha;
- a munição é detonada simultaneamente; e
- os itens são MAIORES do que um diâmetro de carga separados.

<p><b>D = 370(AUW)<sup>1/5</sup></b></p>	<p>D = Distância (m) AUW = Peso Total Máximo de Munição ou Explosivos Desencapados (kg)</p>
--	---

Tabela 25: Alcance simples para distâncias de segurança (Alternativa)

<sup>23</sup> Por exemplo: 1) tamanho do fragmento; 2) forma do fragmento; 3) a densidade do material; 4) velocidade inicial; 5) coeficiente de arrasto; 6) efeitos da gravidade; 7) estabilidade de voo balístico; 8) composição do alvo etc

<sup>24</sup> Essas equações são baseadas em trabalho realizado pelo Sr. Pilgrim, AWE, Foulness, Reino Unido. QinetiQ utiliza derivados dessas equações em seus trabalhos de ensaio. Esta informação foi obtida a partir de um artigo da UK MOD KGH/Organização de Serviços de Segurança em zonas de perigo datado em 31 de julho de 1990.



### 9.3 Áreas de perigo vertical

As equações para estimar as áreas de perigo vertical necessárias para alertar o tráfego aéreo de demolições ocorrendo no chão diferem ligeiramente das Cláusulas 9.1 e 9.2 como nenhuma parábola balística precisa ser levado em conta.

<p><i>Para um único item de munição apenas.</i> <b><math>D = 314(AUW)^{1/3}</math></b></p> <p><i>Para munições de fragmentação multi-item.</i> <b><math>D = 470(AUW)^{1/5}</math></b></p>	<p>D = Distância (m) AUW = Peso Total Máximo de Munição ou Explosivos Desencapados (kg)</p>
---	---

Tabela 26: Áreas de perigo vertical

### 9.4 Previsão simples de ruído

A seguinte equação<sup>25</sup> pode ser usada para prever a distância na qual 140dB<sup>26</sup> de som poderia ser esperado para ser alcançado:

<b><math>D = 215 (M_{exp})^{1/3}</math></b>	D = Distância (m) NEQ = Quantidade de Massa Total de Explosivo (kg)
---	--

Tabela 27: Previsão simples de ruído

## 10 Efeitos em estruturas

A previsão de efeitos de armas em estruturas é uma tarefa complexa, devido ao grande número de variáveis envolvidas<sup>27</sup> e do impacto que essas variáveis têm na resposta estrutural à carga de onda explosiva.

### 10.1 Ruptura de ar

As estimativas para danos estruturais devido ao choque de ar podem ser obtidas a partir de modelos derivados empiricamente com base na análise de acidentes, ensaios e dados de danos de guerra. Esta análise correlaciona o dano estrutural com a distância a partir da explosão, e a massa da carga envolvida.

Os dados mais extensos estão disponíveis para estruturas de alvenaria, devido a estudos realizados na 2ª Guerra Mundial. As categorias de danos provocados por explosão em alojamentos de alvenaria têm sido desenvolvidas<sup>28</sup>, que podem ser utilizados na análise de consequências de explosão para ilustrar a gravidade potencial dos efeitos de uma explosão indesejável:

Categoria	Definição	Observações
A	Casas completamente demolidas.	▪

<sup>25</sup> Fonte: QinetiQ Shoeburyness, RU. 1999.

<sup>26</sup> O nível de ruído máximo permitido pela UE para um único evento.

<sup>27</sup> Por exemplo: 1) tipo de estrutura; 2) a força material da estrutura, elasticidade e maleabilidade; 3) A resposta estrutural à carga de onda explosiva; 4) os efeitos de difração de carga; 5) os efeitos do arrasto de carga; 6) Orientação do edifício para a carga de onda explosiva; 7) topografia local etc.

<sup>28</sup> Pelas obras de: 1) *Scilly N F e High W G. The blast effect of explosions. Prevenção contra perda e promoção de segurança* 5. 1986; e 2) *Jarrett D E. Derivation of the British Explosives Safety Distances. Annals New York Academy of Sciences*, 152, Artigo 1. 1968.

Categoria	Definição	Observações
B	Casas muito danificadas, que estão além do reparo e exigem demolição.	<ul style="list-style-type: none"> <li>50% - 75% da alvenaria externa destruída.</li> <li>Os muros remanescentes apresentam grandes rachaduras que não são reparáveis.</li> </ul>
C <sub>B</sub>	Casas que se tornaram inabitáveis, mas podem ser reformadas com um extenso trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colapso parcial ou total da estrutura do telhado.</li> <li>Demolição parcial dos muros até 25% do total.</li> <li>Danos graves tendo partições necessitando de demolição e substituição.</li> </ul>
C <sub>A</sub>	Casas que se tornaram inabitáveis, mas podem ser reformadas razoavelmente rápidas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não excede o dano estrutural menor.</li> <li>Divisórias e artigos de madeira arrancados da instalação.</li> </ul>
D	Casas que necessitam de reparos para sanar inconveniências graves, mas permanecem habitáveis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Danos no teto e telhas.</li> <li>Efeitos de fragmentação menor em muros e vidros.</li> </ul>

Tabela 28: Categorias de Danos de Habitações Construídas com Tijolos

A análise de dados usados para produzir a Tabela 28 conduziu a uma forma empiricamente derivada para estimar a gama de danos.

$R_x = (K_x \cdot M_{exp}^{1/3}) / (1 + (3175/M_{exp})^2)^{1/6}$	<p>R<sub>x</sub> = Gama para Nível de Dano 'x' (m)                  K<sub>x</sub> = Constante para Nível de Dano 'x' (Vide Tabela 29)                  M<sub>exp</sub> = Massa do Explosivo (kg)</p>
--	--

Tabela 29: Estimativa da Gama de Danos dos Edifícios

Valores para K<sub>x</sub> foram inicialmente derivados por *Jarrett* e subsequentemente revisados por *Gilbert, Lees and Scilly*.<sup>29</sup> Os valores revisados levam em conta o fator de cobertura, que é o grau de energia transmitida para os fragmentos principais dos revestimentos, reduzindo, assim, a energia de explosão de ar disponível.

K <sub>x</sub> para Categoria de Dano	Jarrett	Gilbert, Lees e Scilly
A	3,8	4,8
B	5,6	7,1
C <sub>B</sub>	9,6	12,4
C <sub>A</sub>	28,0	21,3
D	56,0	42,6

Tabela 30: Fator 'K' para Tabela 29

<sup>29</sup> *Gilbert S M, Lees F P e Scilly N F. A Model Hazard Assessment of the Explosion of an Explosives Vehicle in a Built-Up Area. Ata do 26º Seminário do Conselho de Segurança de Explosivos do Departamento de Defesa dos EUA. Miami. EUA. 1994.*

## 10.2 Fragmentação

A extensão em que os fragmentos irão penetrar nas estruturas em um impacto é dependente de uma série de variáveis,<sup>30</sup> portanto, conduzindo a expressões muito complexas para cada caso possível. Estas expressões são empiricamente derivadas por materiais de construção específicos e combinações de fragmento. Por isso, a previsão de danos estruturais por fragmento de explosões hipotéticas pode não ser facilmente previstos, sem acesso a uma enorme gama de dados. Estes dados são geralmente mantidos pelos militares e por isso classificados.

O exemplo na Tabela 31 é para a profundidade de penetração do impacto dos fragmentos cilíndricos de face plana no concreto. Ele pode ser usado em um ECA como um exemplo de danos que poderia se esperar em estruturas de construção moderna.

$x = (2.74 \cdot 10^{-5} \left( \left( \frac{D \cdot d^{1/5}}{s} \right)^{1/2} \cdot V^{1.8} \cdot 4d^2 \right)^{1/2}$ <p style="text-align: center;"><i>Para <math>x/d &lt; 2</math></i></p> $x = 2.74 \cdot 10^{-5} \left( \left( \frac{D \cdot d^{1/5}}{s} \right)^{1/2} \cdot V^{1.8} \cdot d + d \right)$ <p style="text-align: center;"><i>Para <math>x/d &gt; 2</math></i></p>	<p>x= Profundidade da Penetração do Fragmento (m) d= Diâmetro do Fragmento (m) D = Densidade do Fragmento (kg/m<sup>3</sup>) s= Força Compressora do Concreto (Pa) V= Velocidade do Fragmento (m/s)</p>
---	---

Tabela 31: Penetração Estrutural ( Concreto v Cilindro com Face Plana)

## 10.3 Choque do solo

O choque do solo pode ser entendido como uma onda de vibração que viaja através do solo. A onda assume uma forma senoidal e, portanto, a amplitude é um parâmetro característico.

$A = x \cdot \left( \left( \frac{K}{M_{\text{exp}}} \right)^{1/2} / D \right)$	<p>A= Amplitude (m) x= Constante M<sub>exp</sub> = Massa do Explosivo (kg) K= Constante<sup>31</sup> D = Distância (m)</p>
--	--

Tabela 32: Estimativa do Choque do Solo<sup>32</sup>

Edifícios de construção sólida são pouco prováveis em serem danificados por amplitudes de menores que  $2 \times 10^{-4}$ , enquanto que aqueles com uma construção mais vulnerável devem permanecer sem danos se a amplitude permanecer  $8 \times 10^{-5}$  m.

Um índice de dano<sup>33</sup> foi desenvolvido que relacionada a massa de explosivos e o tipo do solo:

$\phi = M_{\text{exp}} / R^{3/2}$	<p><math>\phi</math> = Índice de Dano M<sub>exp</sub> = Massa de Explosivos (kg) R = Distância (m)</p>
-----------------------------------	--

Tabela 33: Índice de Dano

Para estruturas construídas em rocha suave, grandes danos de rachaduras podem ser esperados para ocorrer no valor  $\phi$  de  $1,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{3/2}$  enquanto que para estruturas construídas em rocha mais dura, o grau de dano pode ser esperado em um valor  $\phi$  inferior de  $0,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{3/2}$ .

<sup>30</sup> Por exemplo: 1) a resistência do material de construção, ductilidade e elasticidade; 2) velocidade do fragmento; 3) formato do fragmento no impacto; 3) massa do fragmento; 4) resistência do material do fragmento, ductilidade e elasticidade etc.

<sup>31</sup> O valor de K é inversamente proporcional à dureza do solo.

<sup>32</sup> Exemplos de x e K podem ser encontrados em *Baker W E et al, Explosion Hazards and Evaluation*. Elsevier. Amsterdã. 1983.

<sup>33</sup> *Langefors U and Kihlstrom B. The Modern technique of Rock Blasting*. Terceira Edição. AWE/GERBERS. Suécia. 1978.

## 11 Efeitos sobre as pessoas

Há três tipos de lesão por explosão às pessoas: 1) primário; 2) secundário; e 3) terciário.

- lesões primárias por explosão são causadas pela ação direta da onda de choque no corpo. As lesões mais comuns são a ruptura do tímpano e hemorragia pulmonar;
- as lesões secundárias por explosão são aquelas causadas como uma consequência direta de danos a edifícios e estruturas. Estes incluem traumatismo, lacerações, asfixia e esmagamento;
- lesões terciárias são aquelas causadas pelo movimento do corpo pela onda de choque. Estas incluem o deslocamento interno dos órgãos do corpo ou lesões causadas pelo impacto quando o corpo é arremessado contra superfícies duras.

### 11.1 Risco individual

O risco é definido como “*probabilidade x consequência*” e, quando medido quantitativamente, pode ser utilizado para apoiar as avaliações de risco quantitativo (QRA), aonde o Risco Individual de Fatalidade (IR), como um resultado de uma explosão indesejada é comparado ao “risco tolerável” de outras atividades ou processos industriais. Portanto, o IR Anual pode ser definido como:

$IR = P_e \times P_{f e} \times E_p$	$P_e$ = Evento por Ano $P_{f e}$ = Probabilidade de Fatalidade <sup>34</sup> $E_p$ = Probabilidade de Exposição ao Risco
--------------------------------------	--

Tabela 34: Risco Individual Anual de Fatalidade (IR)

### 11.2 Níveis de lesões primárias por explosão

Estes devem ser estimados a partir do:

- uso de *Kingary* para estimar um choque sobrepressão no alcance; e
- comparar o choque sobrepressão para os níveis de limite de lesão derivados das curvas de *Bowen*<sup>35</sup> (34,5 kPa para o surgimento da lesão auditiva, 207kPa para danos nos pulmões e 690kPa para fatalidade).

Uma metodologia alternativa é usar o ESTC<sup>36</sup> Modelo de Choque Externo, que é com base em uma análise da literatura disponível sobre efeitos primários e terciários do choque.<sup>37</sup>

$P_{\text{fatality}} = (e^{(-5.785 \cdot (R / M^{1/3}) + 19.047)}) / 100$	$P_{\text{fatality}}$ = Probabilidade de Fatalidade $e$ = Exponencial $R$ = Distância (m) $M^{1/3}$ = Raiz Cúbica da Massa Explosiva (kg)
---	--

Tabela 35: Modelo de Choque Externo ESTC

O modelo ESTC é somente válida dentro dos limites da distância dimensionada ‘S’ ( $S = R/M^{1/3}$ ) onde  $2,5 \text{ m.kg}^{1/3} < S < 5,3 \text{ m.kg}^{1/3}$ . Para  $S > 5,3 \text{ m.kg}^{1/3}$  a probabilidade de fatalidade é zero enquanto que para  $S < 2,5 \text{ m.kg}^{1/3}$  100% das fatalidades devem ser esperadas.

<sup>34</sup> Para uma pessoa exposta continuamente.

<sup>35</sup> *Bowen*. Estimativa da Tolerância do Homem aos Efeitos Diretos do Choque de Ar. Outubro 1968.

<sup>36</sup> Comitê de Transporte e Armazenamento de Explosivo do RU

<sup>37</sup> Vide Capítulo 3 em *UK Health and Safety Executive*, Seleção e Uso de Modelos dos Efeitos e Consequências da Explosão para Explosivos. HSE. RU. 2000.

### 11.3 Níveis de lesões secundárias por explosão

Gilbert, Lees e Scilly desenvolveram valores de probabilidade para ocupantes de um edifício sofrendo lesões fatais, sérias, ou leves. Estes são mostrados na Tabela 36<sup>38</sup>

Categoria de Dano	Definição de Dano	Probabilidade de (Fatalidade)	Probabilidade (Fatalidade ou Ferimento Grave)	Probabilidade (Fatalidade, Ferimento Grave ou Ferimento Leve)
		P(K)	P (K + I)	P (K + SI + LI)
A <sub>a</sub>	Casas completamente demolidas.	0,96	1,0	1,0
A <sub>b</sub>	Casas quase completamente demolidas.	0,57	0,66	0,82
A	Casas demolidas.	0,62	0,71	0,84
B	Casas tão danificados que estão além do reparo e exigem demolição.	0,096	0,15	0,38
C <sub>b</sub>	Casas tornadas inabitáveis, mas podem ser reparadas com um extenso trabalho.	0,009	0,043	0,13
C <sub>a</sub>	Casas tornadas inabitáveis, mas podem ser reparadas razoavelmente rápido.	0	0,002	0,006
D	Casas que necessitam de reparos para sanar inconveniente grave, mas permanecem habitáveis.	0	0	0

Tabela 36: Valores de probabilidade de Ferimento em Explosão Secundária

## 12 Armazenamento abaixo do solo

IATG 02.20 *Quantidades de distância e separação*, Anexo M contém fórmulas para serem aplicadas para a estimativa ou cálculo da quantidade de distância e de separação para o armazenamento subterrâneo. Eles são repetidos aqui para integridade das formulas IATG

$IBD = 77 \times H_D \times LD^{1/3}$	Onde: H <sub>D</sub> = Diâmetro Hidráulico da Boca do Túnel LD <sup>1/3</sup> = Densidade de Carregamento (kg/m <sup>3</sup> )
$H_D = 4A/C$	Onde: A = Área Transversal do Túnel de Entrada (m <sup>2</sup> ) C = Circunferência da Entrada do Túnel (m)
$LD^{1/3} = \frac{NEQ}{(V_{Ch} + V_{Túnel})}$	V <sub>Ch</sub> = Volume da Câmara (m <sup>3</sup> ) V <sub>Túnel</sub> = Volume do Túnel (m <sup>3</sup> )

Tabela 37: Distância do Edifício de Habitação (IBD) (Onda explosiva da Entrada do Túnel)<sup>39 40</sup>

$D = 27.4 \times H_D \times LD^{1/3}$	Como acima
---------------------------------------	------------

<sup>38</sup> Estes se equiparam aos níveis de danos na Tabela 29, com a adição de A<sub>a</sub> para completa demolição e A<sub>b</sub> para demolição quase total

<sup>39</sup> A distância em uma direção não-axial pode ser reduzida utilizando um fator de multiplicação (MF), que deve ser derivado da fórmula  $MF = 1 / (1 + (\theta/56)^2)^{0.76}$ , onde  $\theta$  é o ângulo a partir da linha do centro do túnel em graus.

<sup>40</sup> Isto é uma simples aproximação. Uma metodologia mais precisa está em AASPT-1, Capítulo 3, Cláusula 3.3.4.1 (b) e (c).

**Tabela 38: Distância do Edifício de Processamento (PBD) (Onda explosiva da Entrada do Túnel)**

## **Anexo A** **(normativa)** **Referências**

Os seguintes documentos normativos contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta parte do guia. Para referências datadas, as futuras alterações ou análises de qualquer uma destas publicações não se aplicam. No entanto, as partes em acordos com base nesta parte do guia são encorajadas a investigar a possibilidade de aplicar as edições mais recentes dos documentos normativos indicadas abaixo. Para referências não datadas, a última edição do referido documento se aplica. Os membros da ISO mantêm registros ISO ou EN atualmente válidos:

- a) IATG 01.40:2010[E] *Termos, glossário e definições*. UNODA. 2010.

A versão/edição mais recente destas referências deve ser usada. O Escritório da ONU para Assuntos de Desarmamento (UN ODA) mantém cópias de todas as referências <sup>41</sup> utilizadas neste guia. Um registro da última versão/edição das Diretrizes Técnicas Internacionais de Munições é mantido pela UN ODA, e pode ser lido no site da IATG: <http://www.un-arm.org>. As autoridades nacionais, empregadores e outras entidades e organizações interessadas devem obter cópias antes de iniciar programas de gestão de estoques de munições convencionais.

---

<sup>41</sup> Onde os direitos autorais permitirem

## **Anexo B** **(informativo)** **Referências**

Os seguintes documentos informativos contêm disposições, que também devem ser consultados para fornecer mais informações de base para o conteúdo deste guia:

- a) Riscos de Explosão e Avaliação. W E Baker et al. Elsevier. (ISBN 0 444 42094 0). Amsterdã. 1983;
- b) IATG 02.10:2010[E] *Introduction to Risk Management Principles and Processes*. UNODA. 2010;
- c) *Selection and Use of Explosion Effects and Consequence Models for Explosives*. Executivo de Segurança e Saúde do Reino Unido. (ISBN 0 7176 1791 2). RU. 2000; e
- d) Technical Note for Mine Action (TNMA) 10.20/01 *Estimation of Explosion Danger Areas (Version 2.0)*. Genebra. GICHD.

A versão/edição mais recente destas referências deve ser usada. O Escritório da ONU para Assuntos de Desarmamento (UN ODA) mantém cópias de todas as referências <sup>42</sup> utilizadas neste guia. Um registro da última versão/edição das Diretrizes Técnicas Internacionais de Munições é mantido pela NU ODA, e pode ser lido no site da IATG: <http://www.un-arm.org>. As autoridades nacionais, empregadores e outras entidades e organizações interessadas devem obter cópias antes de iniciar programas de gestão de estoques de munições convencionais.

---

<sup>42</sup> Onde os direitos autorais permitirem