

EFEITO DOS PROJÉTIS

Pelo Major PASTOR ALMEIDA

ORGANIZAÇÃO DO TERRENO

I — *Generalidades.*

O conhecimento do efeito dos projetís, no estudo da organização do terreno, assume capital importância, quando se procura estabelecer as condições, que uma determinada organização defensiva deve satisfazer, para proporcionar as tropas ocupantes *proteção suficiente*, contra os meios de destruição do inimigo:

- projetís de infantaria;
- projetís de artilharia;
- bombas de aviação.

A conclusão principal deste estudo será a fixação das dimensões das camadas protetoras dos abrigos, *que são os órgãos essenciais da defesa.*

Tanto para estes, como os demais órgãos de uma posição defensiva, o idéal seria subtraí-los, sempre, as vistas do inimigo, pela dissimulação, evitando, assim, a ação eficaz dos seus tiros regulados.

Os aperfeiçoados meios de observação e a ação em massa, da artilharia, não permitem tão facil solução e acarretam, o estabelecimento de umas tantas condições, que evitem ou atenuem os efeitos destruidores desses projetís, quando atingem o objetivo.

O disfarce e a dispersão das obras no terreno são, sempre, indispensáveis no conjunto da posição defensiva, o lado dessas outras condições, que do presente estudo vamos deduzir.

Sómente sobre este aspecto é que nos interessa, o estudo do efeito dos projetís.

Esse efeito resulta dos seguintes fatores:

- penetração;
- explosão;
- sopro;
- choque.

II — *Projetís de infantaria.*

Nos projetís de infantaria só temos a considerar o fator penetração.

O quadro abaixo dá indicações sobre o poder de penetração dos projetís de fuzil, modelo 1908.

Natureza do material	Penetração às distâncias		Observações
	100	500 m.	
Areia seca	25 mm.	40 mm.	As balas quebram devido à grande velocidade.
Madeira — pinho	60 à 100 mm	100 à 110 mm.	
Alvenaria de tijolo	10 mm.	10 à 12 mm.	
Placas de aço-níquel	5,75 mm.	3,5 mm.	

Do quadro podemos concluir:

- que a areia, bem como a terra vegetal ou a argila, são meios normais de proteção, contra os tiros de infantaria;
- que a constituição das massas cobridoras, de terra ou areia, são muito facilitadas, com o emprego de sacos cheios de areia;
- que as madeiras constituem, também, anteparos de facil instalação, mas exigem a fixação e uma espessura conveniente, tendo em vista a qualidade da madeira e • seu grau de secagem.

III — *Projetís de artilharia.*

No estudo dos projetís de artilharia devemos considerar, ainda, os seguintes fatores:

- sistema de escorvamento;
- peso e força do projétil;
- força viva restante;
- natureza do maciço de proteção;
- ângulo da trajetória com a superfície do maciço;
- quantidade de explosivo.

Penetração.

A penetração depende:

- do sistema de escorvamento;
- do peso e fôrma do projétil;
- da força viva restante e natureza do maciço protetor;
- do ângulo da trajetória com a superfície do maciço.

O valor correspondente a esses elementos varia:

- com o material de artilharia;
- com o tipo de projétil empregado pelo inimigo, que tende sempre a melhorá-lo.

Na falta de dados mais seguros, citaremos no presente, os projéteis empregados, no fim da Grande Guerra.

Para outros tipos que possam aparecer, o modo de encarar as suas características, tornar-se-á aqui conhecido.

— Sistema do escorvamento.

Para o escorvamento são empregadas:

- espoletas instantâneas, sem retardo;
- espoletas instantâneas, com retardo.

As primeiras produzem a explosão logo que o projétil atinge o objetivo (menos de 1/100 de segundo), equivalendo a uma carga de explosivo superficial.

Produzem no sólo, apenas, um pequeno funil.

As espoletas com retardo (0,17 a 0,25 do segundo) produzem os efeitos de um forninho comum sobrecarregado ou camouflet, dependendo dos outros fatores, que limitam a penetração.

— *Fórma do projetil.*

Quando se quer obter uma grande penetração, em particular nos concretos, emprega-se o projetil de semi-rutura, caracterizado por uma espessa ponta de ogiva, de aço endurecido e escorvamento no culote (protetis de marinha).

Este projetil contém, por consequência, uma percentagem de explosivo muito inferior à de um projetil alongado, do mesmo calibre.

— *Peso e força viva restante do projetil.*

O peso influe na força viva restante adquirida pelo projetil.

A força viva mecânica, restante no ponto de quéda, é igual ao semi-produto da massa, pelo quadrado da velocidade restante.

A titulo de informação, o projetil de 155 penetra 1.60 m nas terras médias e 0.45 m no concreto.

Os projetis de artilharia de trincheira tem uma penetração relativamente fraca, não obstante os grandes ângulos de quéda, em virtude de suas fracas velocidades restantes.

— *Ângulo de incidência.*

O projetil penetra a uma profundidade tanto maior, quanto maior for o ângulo de incidência.

Resulta, pois, como necessidade para atingir os abrigos, o emprego de canhões curtos: obuzes e morteiros.

O ângulo considerado é o que a tangente à trajetória, no ponto de queda, forma com a superfície exterior do maciço.

Os quadros seguintes, II e III, mostram a influência, que esse ângulo exerce, na penetração do projetil sobre um maciço de terra ou de concreto.

Do quadro II, podemos concluir:

- nas terras, os projetís de artilharia, que penetram mais profundamente, são os que a trajetória faz com o maciço, um ângulo superior à 40 graus;
- abaixo de 40 graus e até 25 graus, são ainda a temer, porque, eles podem vir atingir a base dos abrigos;
- os projetís de artilharia penetram menos em um terreno de contra-vertente, que de uma vertente voltada para o inimigo;
- há, sempre, vantagem em dar ao maciço uma inclinação no sentido da direção do projetil.

Do quadro III, podemos concluir:

- Não penetram no concreto, senão os projetís lançados:
 - em tiro vertical contra as lages;
 - em tiro direto contra os muros;
 - um projetil que, depois de ter de ter atravessado o terreno atinge um maciço de concreto, sob um fraco ângulo, ricocheteia, mas pode ser mantido, pelo terreno, contra o maciço.

Penetração máxima.

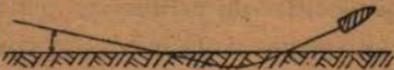
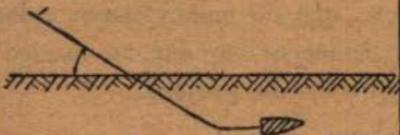
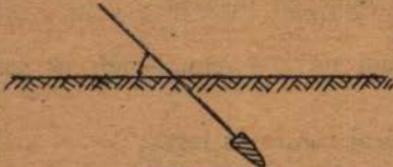
Das ligeiras noções acima fixadas, interessa-nos, principalmente, conhecer a penetração máxima dos projetís, pois esse é o caso mais desfavorável.

Seria, sem dúvida, difícil prevermos, no decorrer de um combate, onde tantos outros dados úteis desconhecemos, o sistema de escorvamento ou o ângulo de tiro, a ser empregados pelo inimigo.

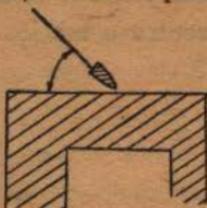
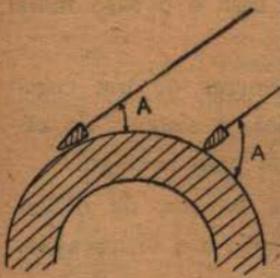
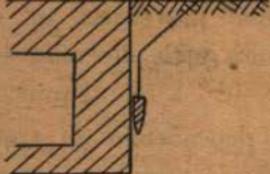
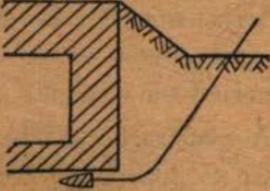
A penetração máxima dependendo de tantos fatores, de difícil medida, só poderia ser conhecida através a experiência e a observação.

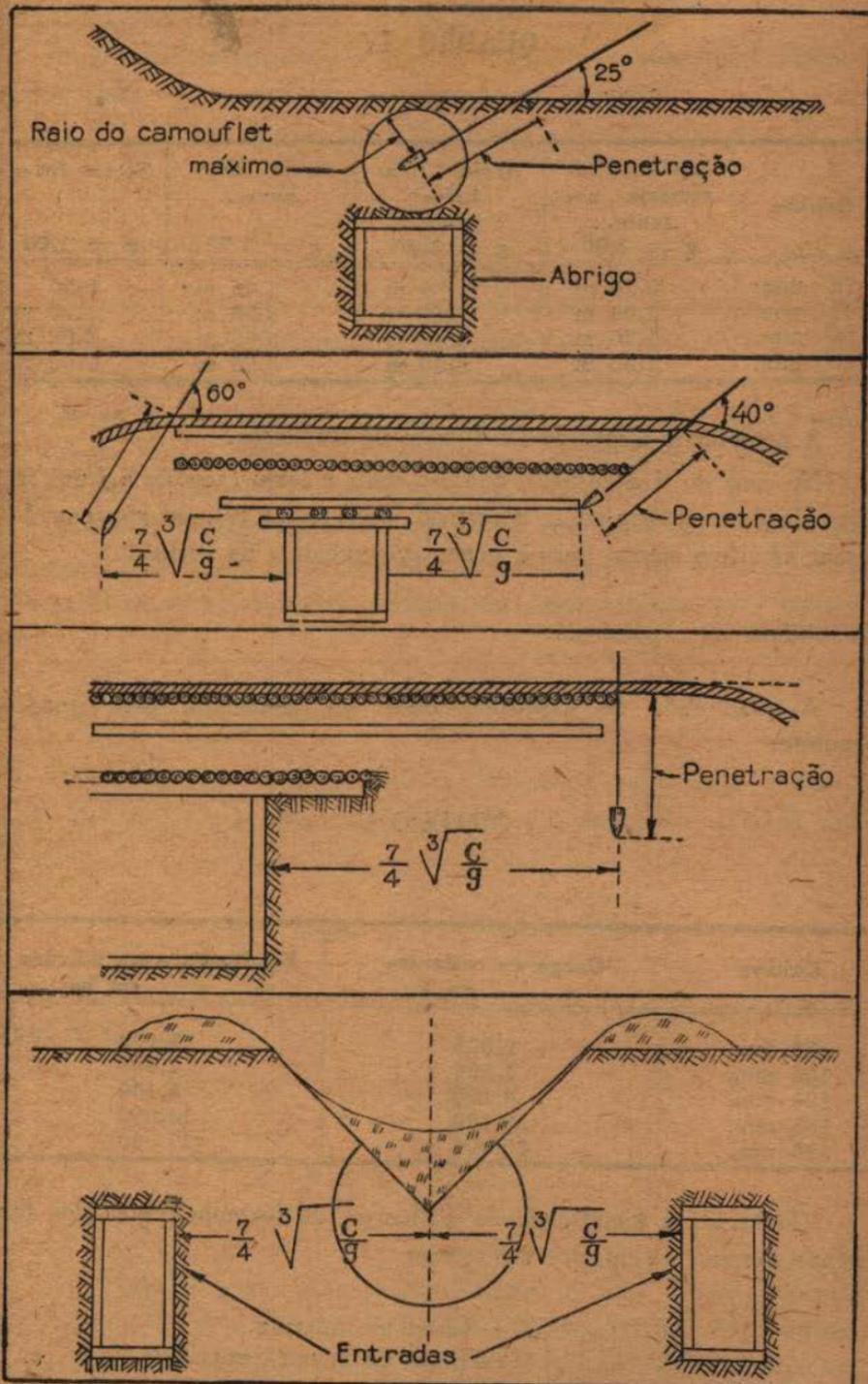
O quadro abaixo nos dá o valor dessa penetração, para os tipos de projetís conhecidos, no fim da guerra de 1914-18 e nos terrenos de média consistência.

QUADRO II

Angulo de queda	Penetração no sólo	Observações:
De 0° a 15°		Há ricochete. O sulco aberto e raso.
De 15° a 25°		Há ricochete depois de certa penetração do projétil.
De 25° a 40°		O projétil, depois de certa penetração, tende, a voltar à superfície.
Superior a 40°		O projétil se enterra em percurso retilíneo, dependendo da velocidade restante.

QUADRO III

	Angulo	Trajéto
	De 0° a 45° De 45° a 60 De 60° a 90°	Ricochete certo. Ricochete possível mas não certo. Penetração em ricochete.
 A < A'		



QUADRO IV

Calibre	Rocha ou al- venária co- mum. g = 3,00	Areia com tufos g = 3,00	Areia com- pacta. g = 1,75	Terra fraca g = 1,20
75 mm.	0.70 m	1.20 m	1.60 m	3.50
105 mm.	1.00 m	1.60 m	2.20 m	5.00 m
155 mm.	1.30 m	2.30 m	3.00 m	6.00 m
220 mm.	1.50 m	3.00 m	4.00 m	8.50 m

A penetração é medida na direção da trajetória.

No caso do tiro vertical, que é o mais a temer, devido a fraca inclinação da trajetória sobre a vertical, pode-se em cálculo aproximado, tomar as cifras acima, para a penetração máxima na vertical.

Quantidade de explosivo.

A quantidade de explosivo pode ser conhecida pelo quadro seguinte:

QUADRO V

Calibre	Carga de melenite em kg	Equivalente em pólvora em kg
75 mm.	0,825	1,100
105 mm.	1,800	2,400
120 mm.	4,100	5,400
155 mm.	10,400	14,000
220 mm.	35,000	47,000

Conhecida a quantidade de explosivo, da fórmula básica dos for-
nilhos comuns, no interior das terras:

$$C = gH^3 \dots (1) \dots \begin{cases} C - \text{Carga de pólvora.} \\ H - \text{linha de menor resistência.} \\ g = \text{coeficiente do terreno.} \end{cases}$$

deduziremos os elementos que nos interessam.

A equivalência entre a pólvora e a melenite é dada pela fórmula aproximada:

$$C_p = \frac{4}{5} C_m \dots\dots\dots (2).$$

Efeitos da explosão.

Como já dissemos, o forninho provocado pela explosão do projétil pode ser comum, sobrecarregado, subcarregado ou camouflet, tudo dependendo da relação do valor de *H* e da penetração máxima.

De tais forninhos só nos interessa conhecer os seus efeitos interiores, permitindo fixar a distância, a que devem ficar, as paredes e o teto do abrigo, afim de escapar à possibilidade de destruição.

Assim sendo, não é difícil lembrarmos, que esses efeitos são, praticamente, iguais para uma carga *C*, quer seja o forninho comum, sobrecarregado ou subcarregado e atingem um valor máximo nos "camouflets".

Raio do "camouflet" máximo.

Chamando *R* a distância onde se faz sentir com certa violência esses efeitos, para o "camouflet" máximo, o seu valor é dado pela relação:

$$R = 7/4 H \dots\dots\dots (3).$$

O valor de *H* pode ser deduzido da fórmula (1), conhecidos os valores de *C* e *g*.

$$H = \sqrt[3]{\frac{C}{g}}$$

$$R = \frac{7}{4} \sqrt[3]{\frac{C}{g}} \dots\dots\dots (4).$$

Dispensando cálculos mais aproximados e não fazendo nenhuma hipótese sobre o tipo de abrigo adotado, o valor de *R* dado pela fórmula acima, assegura um afastamento com boa margem de segurança, quer no sentido horizontal, quer no sentido vertical.

O "camouflet" máximo, também depende do comprimento do projétil e espessura das paredes.

Atualmente, para o material moderno, são as seguintes as categorias dos projéteis utilizados:

- granada alongada de aço;
- granada de ferro acerado;
- granada de ferro fundido.

Conhecidas as cargas dos projéteis, torna-se fácil resumir em um novo quadro os valores de R .

QUADRO VI

Raio do "camouflet" máximo produzido pelas granadas

Calibres	$g = 3,00$	$g = 2,25$	$g = 1,75$	$g = 1,20$
75 mm.	1,20	1,40	1,50	1,70
105 mm.	1,60	1,90	2,00	2,25
120 mm.	2,20	2,40	2,54	3,00
155 mm.	2,90	3,30	3,50	4,00
220 mm.	4,30	4,90	5,25	6,00

Sopro.

O sopro produzido pela explosão, em determinadas condições, pode ocasionar sérios danos a um abrigo.

O Cmt. GUERRIOT cita no seu "Curso de Construções — Abrigos", os seguintes casos:

- Um projétil de artilharia de trincheira (95 kg) cai sobre uma entrada de abrigo-caverna, cujos dois primeiros caixilhos ficam destruídos.
- O sopro, excessivamente violento, poupa a galeria em descida, bem escorada, mas levanta o céu do corpo do abrigo, sem enchimento, derruba seis caixilhos, não escorados e provoca um desmoronamento de cerca de 20 metros cúbicos, ferindo três homens.

— Um projétil de 150 mm. explode em frente a uma entrada de abrigo-caverna, o sopro do projétil provoca o derrubamento de todos os caixilhos da entrada, colocados perpendicularmente ao declive, e não escorados; em seguida, o desmoronamento completo desta entrada e de uma parte do corpo do abrigo, onde perecem seis homens.

Qual o ensinamento a tirar?

Necessidade absoluta de *escorar, muito cuidadosamente, as galerias de entrada e o corpo do abrigo, e fazer o enchimento completo do céu e das paredes.*

O efeito do sopro sobre as rês de arame são, também, consideráveis.

Choque.

O choque que o projétil transmite ao maciço de proteção pode causar sérios danos à organização, conforme a natureza do material desse maciço e a força viva restante do projétil.

Nos maciços de concreto é que se tornam mais perigosos esses efeitos.

Nos terrenos de fraca consistência, o amortecimento progressivo ou oposto pelas camadas de terra ou madeira, torna-os insignificantes, em confronto com efeitos de explosão.

IV — *Bombas de aviação.*

Aos projéteis de aviação, aplicar-se-iam as mesmas disposições estudadas, com relação aos de artilharia, notando-se que o ângulo da sua trajetória com o plano horizontal é, aproximadamente, de 90°.

No entanto, os seus efeitos são muito menos temerosos, porque:

- a precisão do bombardeamento é muito mais deficiente;
- o lançamento dos projéteis, não podendo exceder de uma certa altura, pois se tornariam de nenhum efeito, sobre alvos reduzidos, restringe de muito a velocidade de chegada do projétil, portanto, sua força viva.

As condições de proteção, contra os projéteis de artilharia, deixam uma larga margem de segurança, contra os da aviação.

V — *Efeitos dos projetis sobre as organizações defensivas.**Abrigos*

Pelas fórmulas e quadros anteriores, conhecemos:

- a distância, que se deve manter o abrigo, para não ser atingido pelos efeitos interiores da explosão do projétil;
- a penetração máxima dos vários projetis, nos diversos terrenos.

Fácil se torna, agora, fixar a espessura da camada de terreno necessária à proteção de um abrigo subterrâneo.

Ela é dada, pela soma dos dois valores acima citados, isto é, a soma das parcelas correspondentes dos quadros IV e VI.

QUADRO VII

Espessura de terreno necessária para proteger um abrigo subterrâneo

Calibre	g = 2,50	g = 2,00	g = 1,75	g = 1,20
75 mm.	2,33	2,88	3,10	5,20
105 mm.	3,20	3,74	4,20	7,25
120 mm.	—	—	—	—
155 mm.	3,20	5,80	6,50	10,00
220 mm.	7,35	8,40	9,25	14,50

Observação — Não consegui dados sobre o 120 mm.

Conforme vemos neste quadro, a espessura do maciço de proteção exige, às vezes, profundidades exageradas, dificultando a comunicação do abrigo com o exterior.

Atenua-se este inconveniente com o emprego de camadas intercaladas de paus roliços.

Para os abrigos a céu aberto, o número dessas camadas e as de terra, afim de resistir aos vários calibres, é dado no seguinte quadro:

QUADRO VIII

Constituição de uma camada protetora em paus roliços e aterro

Calibre	N.º de camadas de paus roliços	Camada de aterro	
		Número	Espessura
75 mm.	2	1	0.50 m
105 mm.	2	1	1.00 m
155 mm.	3	2	0.50 m
220 mm.	4	2	0.50 m

As camadas de paus roliços são colocados uma perpendicularmente, em relação à outra.

No caso de 220, as duas camadas inferiores ficam em contacto, sem interposição de aterro.

Quando procuramos fixar a distância a ser mantida pelo abrigo, com relação ao centro de explosão do projétil, chegamos à conclusão que, quer no sentido vertical, quer horizontal, deveria ser no mínimo igual ao raio de explosão do "camouflet" máximo.

Verticalmente, já vimos como assegurar essa condição, nos abrigos a céu aberto.

No sentido horizontal, torna-se necessário dar às camadas de paus roliços uma extensão tal que, ao se dar a explosão do projétil, após a sua penetração máxima, a distância da parede interna do abrigo se mantenha superior ao valor acima referido.

Quanto aos abrigos de concreto, será assunto de outro trabalho.

Distância entre as entradas.

A condição primordial é que o mesmo projétil não destrua, ao mesmo tempo, as duas entradas obrigatórias do abrigo, soterrando os seus ocupantes, ou então, matando-os por asfixia, se não forem socorridos em tempo.

Chamando de D a distância que separa as duas entradas, a condição é satisfeita pela relação:

$$D = 2 \times \frac{7}{4} \sqrt[3]{\frac{C}{g}}$$

Para atenuar os efeitos do sopro, reduz-se o intervalo entre os caixilhos das galerias de entrada, reforçando o mais possível o seu escoramento.

Procura-se, igualmente, fazer o enchimento completo e compacto do céu e das paredes dos abrigos.

Normais e paralelas.

Os tiros de artilharia sobre as sapas e trincheiras são tiros de precisão e observados.

Os tiros de enfiada são os mais perigosos.

A proteção dessas linhas apoia-se na sua mais perfeita dissimulação, creando-se, mesmo, falsas posições.

Além disso, levando em conta o desvio provável em alcance, as distâncias médias da artilharia pesada, desvio que é de cerca de 30 metros, devem ser atendidas as seguintes condições:

- os diferentes órgãos essenciais da defesa, P.O., P.C., postos de espreguita, instalações para metralhadoras, etc., devem ficar a uma distância de, pelo menos, 30 metros, ou melhor ainda, 50 metros, das normais e paralelas visíveis da posição;
- as probabilidades de os atingir diminuirá, desde que sejam colocados a três desvios prováveis, isto é, de 80 a 90 metros, das linhas visíveis;
- os salientes importantes são pontos fracos, porque a artilharia adversária pode destruí-los mais facilmente por um tiro de enfiada;
- dar às normais um traçado tortuoso, com sinuosidades de grande amplitude (30 metros), pelas razões já mencionadas.

Defesas acessórias.

Os tiros de destruição das rêdes são, também, cuidadosamente regulados pela observação terrestre.

A primeira conclusão é imediata: *dissimular as rêdes, tanto quanto possível, às vistas diretas do inimigo* (rêdes baixas, quando fôr possível).

Pelas mesmas razões da amplitude do desvio provável em alcance, que já vimos, é necessário, também, manter a rêde a uma distância mínima de 30 metros, ou melhor, de 50 metros, da organização que ela defende.