## BALÍSTICA INTERNA

Quando o precursor atinge a espoleta encerra-se a tranquilidade (imobilidade) do projetil. A expansão dos gases expele o projetil de seu repouso no estojo  rompendo a pressão do "*crimp*", e o projeta contra o início do raiamento. Essa distância entre sua posição de repouso e  início do raiamento é chamada de salto – "*jump*" – e não deve variar entre uma munição e outra. As raias formam sulcos no projetil que é forçado a rotacionar acompanhando o passo do raiamento. O salto é importante para reduzir o pico de pressão na câmara, pois o projetil já está em movimento quando atinge o início do raiamento.

A regularidade da chama da espoleta, a precisão da quantidade de carregamento da pólvora, a regularidade de queima da pólvora e o correto assentamento do projetil no estojo vão ser de grande importância na repetibilidade da velocidade de boca do projetil. A grande maioria das munições magnum, utilizam espoletas específicas também classificadas como magnum.

A existência de espaços vazios no estojo também pode influenciar a velocidade de queima da pólvora e provocar picos de pressão anormais. A relação entre o volume do estojo e o volume de pólvora é chamada de densidade de carregamento, valores muito baixos podem causar uma reação de detonação da pólvora e não de deflagração, ou seja, ao invés de "queimar" a pólvora "explode". Estojos vazios com espoletas estufadas para fora são indício de excesso de pressão. Como curiosidade peças de artilharia, que usam munição desengastada, podem ser carregadas com diferentes quantidade de saquitéis – ou cargas. Para evitar os riscos oriundos da baixa densidade de carregamento com as cargas mais fracas, as cargas são prensadas com um opérculo, assim o volume vazio no estojo, não interfere na densidade de carregamento.

Enquanto percorre o cano, impulsionado pela expansão dos gases, o projetil sofre a resistência do atrito da alma do cano e empurra o ar que está a sua frente. Conforme se desloca, aumenta o espaço de expansão dos gases atrás de si reduzindo a pressão interna na câmara. O primeiro

terço do cano é que sofre mais desgaste principalmente pela temperatura gerada pela deflagração da pólvora.

Quanto mais plana a curva da pressão gerada, mais energia será transferida para o projetil. Alguns fatores que interagem na transferência de energia são o comprimento do cano, o calibre, a velocidade de queima da pólvora, o formato do estojo, a densidade de carregamento, o material do projetil ou de sua jaqueta e outros.

Um cano mais longo permite um maior aproveitamento da expansão dos gases  e o uso de pólvoras de queima lenta que geram curvas de pressão mais planas onde o ápice se mantém por mais tempo. Canos mais curtos demandam pólvoras com queima mais rápida que geram curvas com picos agudos de pressão.

Atualmente alguns fabricantes produzem munições próprias para armas com comprimento de cano curto (42 a 55cm), essas munições possuem pólvora de queima mais rápida para evitar perda de alcance e a língua de fogo –  "*flash*".

Vamos incluir mais o fator da vibração do cano após o disparo. Para reduzir os efeitos desta vibração muitas armas de precisão utilizam canos com perfil maior e mais pesados. Os canos que não possuem nenhum outro ponto de contato com a arma, alem de sua fixação na ação são chamados de canos flutuantes. Considerando que a vibração como uma onda senoidal originada a partir da câmara, que está fixada na ação, é possível encontrar uma carga que provoque vibração tal que a  boca do cano coincida com outra raiz.

Em se tratando de munições de espingarda, não existirão raias no cano, mas o padrão da dispersão dos bagos durante a balística externa sofre influencia de fatores tais como: "*choke*" – estrangulamento, comprimento do cano, material do estrangulamento, geometria do estrangulamento e o acabamento do estrangulamento. As espingardas podem ou não usar "*chokes*" – estrangulamentos na boca do cano que influenciam significativamente o padrão de dispersão dos

bagos. Os mais usuais são o cilíndrico ou aberto (CIL), “improved” (IMP), modificado (MOD) e pleno (FULL). Mais informações, clique aqui.

O “*choke*” cilíndrico ou aberto não possui qualquer constrição, sua dispersão é superior a dos outros 3 “*chokes*” e admite o uso de balotes sem qualquer restrição.

## BALÍSTICA DE TRANSIÇÃO

Imediatamente após sair da boca da arma, o projetil deixa de sofrer a resistência do atrito do cano, mas gases ainda terão velocidade superior ao projetil e estarão atuando na base e laterais do projetil.

Para que os gases escapem uniformemente sem prejudicar o deslocamento do projetil, é importante que a seção reta da boca do cano seja perfeitamente perpendicular à trajetória e que seja livre de deformações. Muitos canos possuem a boca em forma de cone para proteger o final do raiamento contra pancadas.

Freios de boca, silenciosos e quebra-chamas são dispositivos que podem interferir diretamente na balística de transição. Alguns rifles de assalto, onde a precisão não é tão demandante, possuem a boca do cano cortada em um seção inclinada de forma a reduzir a tendência de subida da arma.

## BALÍSTICA EXTERNA

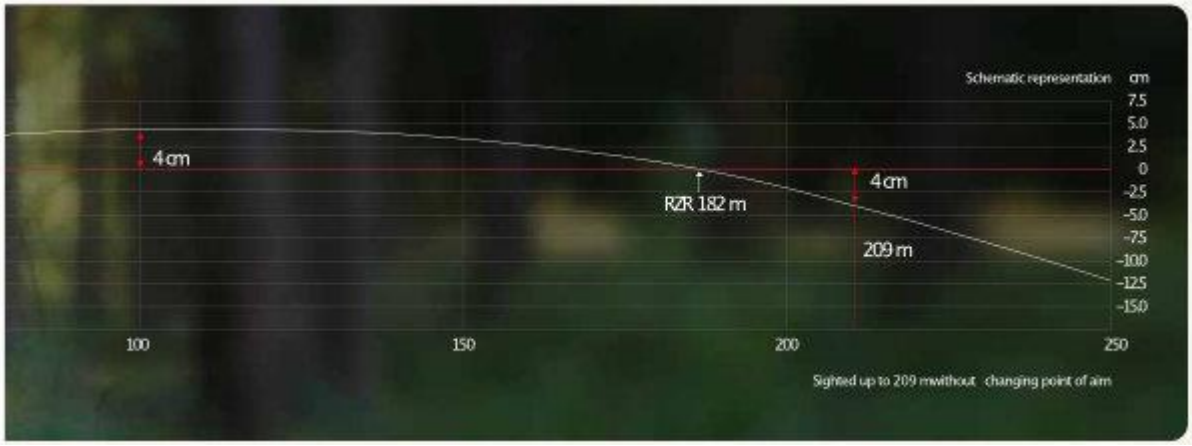
Durante o vôo os projetis são afetados principalmente pela resistência do ar, gravidade, arrasto e vento. Outros fatores são relevantes apenas para trajetórias muito longas onde o projetil permanece mais tempo em vôo.

A força da gravidade vai sempre atrair o projetil para baixo, assim as trajetórias tomam forma de parábolas.Quanto menor a velocidade de deslocamento maior será o gradiente de queda do projetil. Quanto mais longa a parte plana da trajetória, mais distante o atirador poderá atirar

sem ter que corrigir a queda do projetil. Quanto mais tempo o projetil permanecer supersônico mais plano e longo será o trecho inicial da parábola.

A forma e o peso do projetil têm grande influência na balística externa. O coeficiente balístico é uma forma de avaliar a eficiência com que o projetil se desloca no ar ou sua aerodinâmica. Ele é o resultado da razão entre a massa do projetil e o produto do quadrado de seu calibre multiplicada pelo coeficiente de arrasto. Os melhores coeficientes chegam a 0,629 (6,5 Creedmoor, 143gr) e os dos grandes calibres de caça oscilam entre 0,250 a 0,350. Alguns projetis possuem base ogival como forma de reduzir o arrasto de culote o qual se opõe ao movimento do projetil e funciona como um freio.

É muito importante que o atirador conheça as características balísticas de sua arma e munição. Como o projetil não segue uma trajetória plana, o aparelho de pontaria tem que ser regulado para um alcance específico onde a trajetória coincide com a linha de visada. Isto quer disser que se uma arma está zerada para 150m, os impactos em alvos situados mais próximos ocorreram acima do ponto de visada e os impactos em alvos situados a mais de 150 ocorreram abaixo do ponto visado. Muitas munições vêm com uma tabela gráfica em suas caixas mostrando a variação do tiro em centímetros em relação ao alcance em metros. O alcance considerado ideal para zerar a arma pode aparecer como RZR *"Recommended Zero Range".* Uma forma simples de fazer isso em um alvo a 100m é simplesmente regular para que o centro dos impactos fiquem entre 5 e 4 cm acima do ponto visado.




No caso das cargas dos cartuchos (munições de alma lisa), além das velocidades de boca serem muito menores, variando de 360 a 430m/s, os bagos perdem rapidamente a velocidade reduzindo significativamente o alcance. Quanto mais distantes da boca do cano, maior será a dispersão dos bagos. Costuma-se chamar de “rosada” ao padrão dos impactos dos bagos em um alvo plano perpendicular a trajetória.

O uso de bagos metálicos também interfere bastante na balística externa. Como os bagos metálicos possuem uma densidade (7,8g/cm³) inferior aos bagos de chumbo (11,0g/cm³), a velocidade e o alcance deles deles é muito inferior. Recomenda-se sempre usar uma carga com duas numerações acima para manter as características da carga de chumbo.

## BALÍSTICA TERMINAL

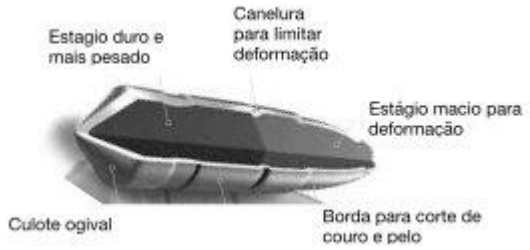
Estuda o comportamento e o efeito do projetil ao atingir e transferir sua energia para o alvo. As características básicas que interferem na balística terminal são a forma, calibre, estrutura interna, peso e velocidade do projetil.

Existe uma gama de projetis disponíveis no mercado que permite ao interessado selecionar, em um mesmo calibre, munições mais apropriadas para penetração, deformação, retenção de massa ou até fragmentação. Existe um equilíbrio a ser alcançado entre penetração e

transferencia de energia. Quando o projetil atravessa o alvo ele deixa de transferir parte de sua energia (E transferida = E impacto – E saída). Por outro lado, em se tratando de grandes animais “big game”, o projetil necessita ter capacidade de atravessar o tecido e romper ossos sem perder a direção.

Os projetis são oferecidos com variadas formas de ogivas, desde as mais agudas e aerodinâmicas com ponta sintética até as arredondadas – “round nose”. É interessante levar em consideração que em trajetórias curtas o coeficiente balístico não possui tanta importância, havendo riscos de galhos ao longo da trajetória, munições com ogiva aguda podem sofrer mais desvios do que as com ogiva mais arredondada. Verifique a vegetação da sua área de caça para poder escolher a munição mais apropriada.

A estrutura interna dos projetis pode ser projetada para ser mais ou menos resistente, garantindo, respectivamente, maior ou menor penetração. Hoje existem fabricantes que produzem munições literalmente com dois estágios: parte dianteira da ogiva tem características macias para garantir uma pancada inicial violenta; e a parte posterior é mais pesada e menos sujeita a deformação para garantir penetração profunda sem ser desviada por ossos. Uma pequena borda no corpo do projetil se destina a cortar o couro e pêlo do animal garantindo sangramento externo pelo orifício de entrada e facilitando o rastreamento quando necessário.




Além destes projetis extremamente sofisticados é possível encontrar os mais conhecidos: sólidos, macios, com jaqueta reforçada soldada e outros.

Alguns calibres admitem ser carregados com projetis com significativa diferença de peso, até 50% mais leves. Esta diferença altera consideravelmente não só sua balística interna como a externa.

Alguns parâmetros considerados importantes na balística terminal são:

- área da seção reta: 3,14x(calibre/2)² – diretamente associada ao calibre
- densidade de seção reta: massa/área de seção reta – associada ao calibre e peso

– velocidade – excesso de velocidade pode ser prejudicial.

Um exemplo clássico é o comportamento da munição militar M193 5,56×45, ela tem um performance de penetração superior em pranchas de Pinus a 200m do que a alcances menores. A explicação é que nos menores alcances a velocidade fazia com que o projetil se desintegra-se.