



# DESENVOLVIMENTO E TECNOLOGIA

## Conceitos Básicos de Estabilização de Projéteis

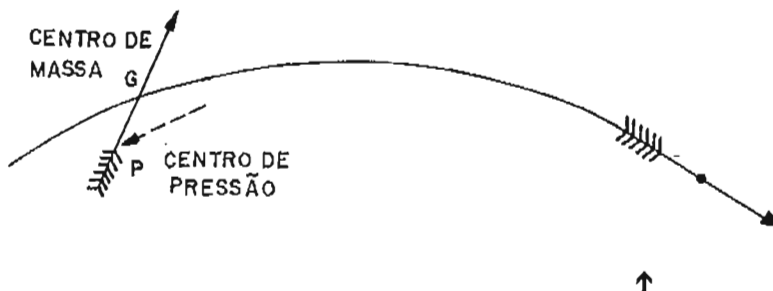
*Ricardo Ferreira Moraes\**  
*Luís Paulo Machado Amorim\*\**

### INTRODUÇÃO

**G**arantir que um projétil descreva a trajetória de um ponto durante todo o seu deslocamento é um problema que sempre foi estudado. Flechas e lanças foram provavelmente os primeiros projéteis longos lançados pelo homem. Logo descobriram, intuitivamente, que concentrar a massa próximo a cabeça seria a melhor forma de estabilizá-lo. Mais tarde aletas foram colocadas na parte anterior do projétil.

### ESTABILIZAÇÃO POR ALETAS

A figura 1 mostra o centro de massa da flecha, representado pelo ponto G. Se a flecha der uma guinada para cima ou para baixo movendo-se obliquamente, então, devido a grande área de superfície da aleta na parte traseira, a pressão do ar resultante agirá no ponto P e irá girar a flecha em torno de G, colocando-a em sua trajetória correta. O centro de pressão localizando-se num ponto anterior ao centro de massa fará com que o projétil viaje sempre com o nariz voltado para frente. Este tipo de estabilidade é chamado de estabilidade estática.



\* Capitão QEM.

\*\* Aluno graduado do 4º ano.

↑  
FIGURA 1: Estabilidade de uma Flecha

Estabilização por aletas é usado em morteiros, bombas, foguetes e outros armamentos. As aletas são colocadas na traseira do projétil com a finalidade de aumentar a área de superfície atrás do centro de massa, fazendo com que ele viaje em um estado de equilíbrio. Entretanto, existem desvantagens neste tipo de estabilização. O projétil com aletas é propenso a mudanças na trajetória devido aos efeitos do vento, principalmente para engenhos autopropulsados. A combinação de ventos fracos com projéteis autopropulsados no início do vôo permitem que o foguete vença as forças do vento, entretanto para ventos fortes é difícil de se garantir que o projétil não se desviará do seu trajeto original.

## ESTABILIZAÇÃO POR MOVIMENTO DE SPIN: GIROSCÓPIOS

As granadas modernas possuem seu centro de massa perto de sua base e o centro de pressão perto do nariz; deste modo elas tem a melhor performance possível. Estudos e experimentos chegaram a este desenho ótimo do projétil. Entretanto, esta forma faz com que o projétil seja instável durante o vôo.

A estabilidade dinâmica é obtida dando a granada uma rápida rotação a qual produz forças giroscópicas. Um giroscópio, em sua forma mais simples, pode ser considerado como um pião pesado, o qual se deixado parado, não mantém-se em pé, mas quando gira rapidamente em torno do seu eixo vertical não só fica em pé como também resiste a qualquer tentativa de puxá-lo da sua posição.

A figura 2 mostra duas vistas de um pião em movimento. A primeira vista dá a impressão que ele cairá, entretanto ele continua em pé com um movimento de precessão em torno do eixo AB. O movimento de precessão pode ser entendido como um movimento que tem a forma de uma espiral decrescente.

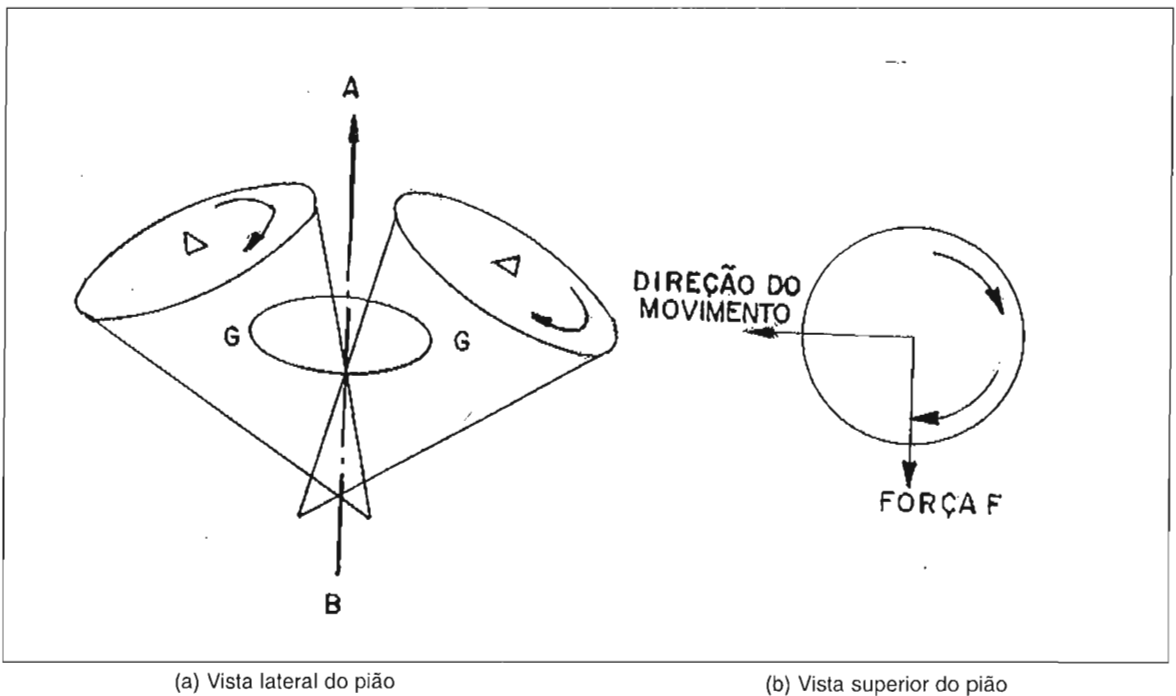


FIGURA 2: Movimento Giroscópico

Se for feita alguma tentativa de puxar o pião, como mostrado na figura 2b, ele irá resistir a este puxão e tenderá a se mover na direção mostrada.

Outro movimento observado é a nutação, na qual temos um movimento rotacional em um pequeno círculo, tendo a forma de uma roseta. Relacionando ambos movimentos, nutação e precessão, no vôo do projétil temos o efeito ilustrado na figura 3.

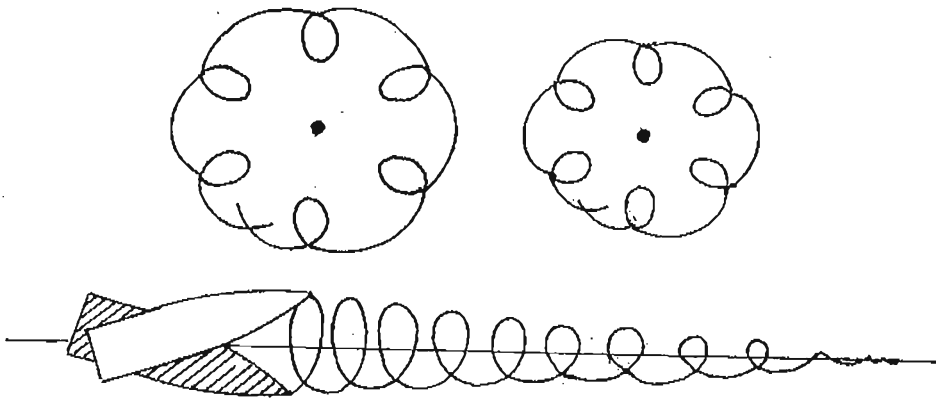


FIGURA 3: Precessão e Nutação em Projéteis com Spin

Observe que tanto a nutação como a precessão são rapidamente amortecidos pela ação giroscópica do spin, e o projétil é estabilizado depois de percorrer uma distância relativamente curta.

Devemos levar em consideração que é mais fácil dar um movimento de spin num pião pequeno e gordo do que num longo e fino. Além disto, o primeiro tipo de pião é menos afetado por distúrbios externos quando está girando.

O critério de estabilidade de uma granada girando em spin é o mesmo para um pião. Assim se ela tem um diâmetro grande e não é muito comprida, pode-se estabilizá-la através do spin causado pela raia do cano. Um foguete é normalmente longo e fino, e estabilizá-lo por rotação apenas é muito difícil, pois seria necessário que dessemos a ele uma rotação altíssima. De fato, experimentos mostraram que uma vez tendo o comprimento excedido o calibre em 7 vezes o projétil não deve ser estabilizado por rotação apenas.

## GRANADAS INSTÁVEIS E SUPERESTÁVEIS

A velocidade de spin na qual a granada precessa depende da distribuição de peso, da forma e da posição do centro de gravidade. Porém, mais importante é esta velocidade relativa à velocidade de translação e que afeta a pressão do ar no projétil.

Do mesmo jeito que no pião, se a granada está girando rapidamente em torno de seu eixo, a precessão será muito lenta e em consequência o nariz do projétil não se inclinará o suficiente e cairá ao solo batendo com a base primeiro, como mostra a figura 4. Este é o caso da munição superestabilizada, usada em armas pequenas e que requerem um longo alcance.

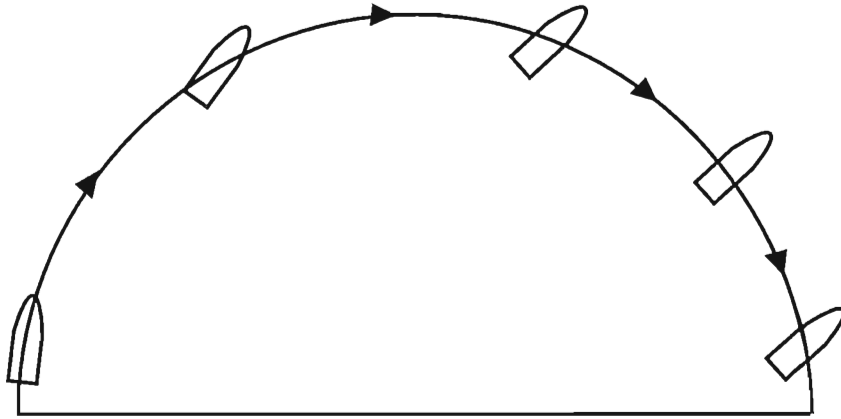


FIGURA 4: Granada Superestável

Por outro lado, se a velocidade de spin é pequena, a granada precessa muito rapidamente e o efeito resultante é o giro do nariz mais rápido que a trajetória. Deste modo a granada perde alcance considerável. Este é o caso de um projétil instável e um zumbido alto durante o voo. □

### BIBLIOGRAFIA

FARRAR, C. L. e LEEMING, D. W. Military Ballistics — A Basic Manual, 1983, Brassey's Defence Publisher.  
LEE, R.G. et al. Guided Weapons. London: Brassey's, 1988.

---

---

***Unicol Roupas Ltda***

---

---

Insc. C.G.C. 30.897.219/0001-04

Insc. Estadual 81.691.290

Rua São Francisco Xavier, 224-A – Tel. 284-2649

Tijuca – Rio de Janeiro – RJ