

Esportes com Tacos

Há inúmeros esportes que utilizam um taco, raquete ou bastão além da bola durante a prática. Para citar alguns exemplos: tênis, críquete, beisebol, hóquei, bilhar, golfe, polo, tacabol, badminton, squash, tênis de praia e mesa, lacrosse.

O elemento em comum entre esses esportes é que a interação com a bola ocorre exclusivamente com o bastão de cada um, em sua maioria essa interação exige uma força muito grande do esportista que é aumentada pela utilização de um objeto ao invés das próprias mãos.

As forças das pancadas nas bolas são tremendas, por isso os bastões que se utilizam nestes esportes devem ser cuidadosamente fabricados para diminuir a chance de acontecer quebras como as mostradas nos três vídeos ao lado.

Uma solução simples é usar materiais mais duros e resistentes, mas isso poderia rapidamente criar muito mais massa do que um esportista é capaz de manusear.

Engenheiros estudam a física dessas colisões para entender quais as partes dos bastões precisam ser reforçados para resistir às forças envolvidas nas pancadas com as bolas. Faremos algo parecido nesta seção.

Vamos entender o que acontece quando um bastão bate na bola. Por trás desse fenômeno, está o princípio da **Ação e Reação**. Esta lei da física é o motivo de que quando um bastão bate na bola, pode-se entender que a bola também bate no bastão.

A colisão entre um taco e uma bola

Vamos explorar um pouco o que ocorre durante a colisão entre um taco e uma bola em um jogo de bilhar. Inicialmente a bola branca está em repouso, até que um dos jogadores aproxima seu taco dela, observa as outras bolas ao redor e decide como que irá dar sua tacada.



Os três vídeos mostram o momento em que a bola de um esporte entra em contato com o taco e o quebra. Acima o esporte é basebol, no meio tênis e abaixo lacrosse.

Fontes:

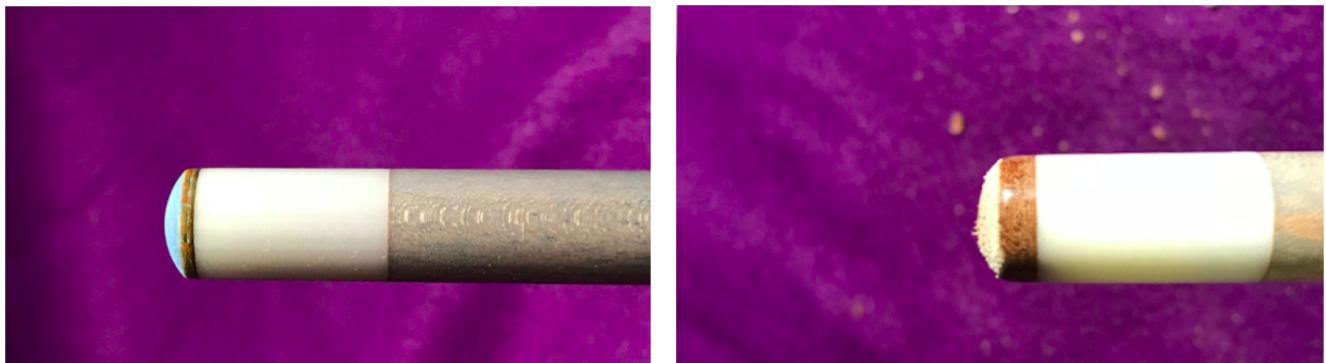
baseball:

<https://www.balls.ie/american-sports/be-amazed-at-this-amazing-breaking-baseball-bat-gif-62027>

Tênis: https://www.youtube.com/watch?v=axk6kilU_NY

Lacrosse: <https://www.youtube.com/watch?v=NqiB4EE9ho>

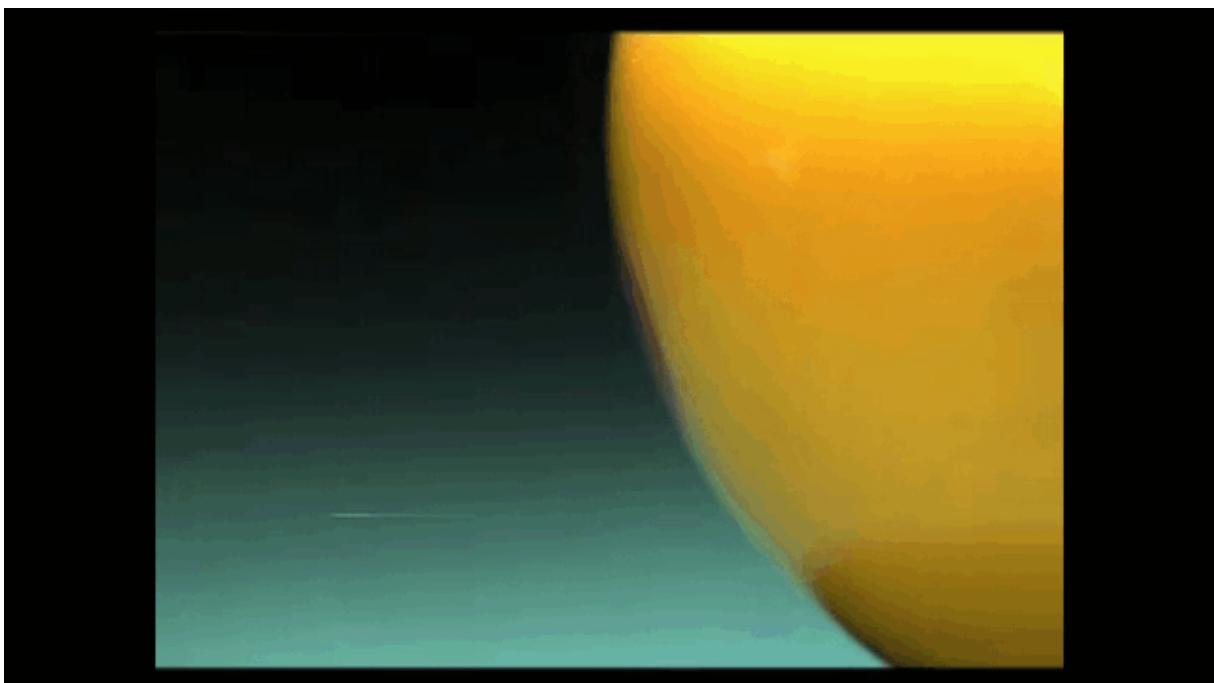
A colisão inicial desse jogo é bastante simples, pois apenas a ponta do taco entra em contato com uma bola. Também podemos imaginar que a maneira como a tacada ocorre não dobra significativamente o taco, irá apenas comprimir e desgastar a ponta. A figura a seguir mostra uma comparação entre as ponteiras de um mesmo taco que recebia manutenção.



A esquerda uma ponteira desgastada e a direita depois de ser trocada. Perceba a diferença de tamanho no anel marrom que é a ponteira trocada.

Fonte: <https://www.pooldawg.com/article/pooldawg-library/replacing-a-pool-cue-tip>

Vamos tentar entender exatamente o que acontece com a ponta durante uma tacada. Felizmente existem vários vídeos que documentam bem de perto e em câmera lenta exatamente o que queremos entender, vejamos abaixo um desses vídeos:



O vídeo mostra o momento exato do contato e o efeito de compressão da ponta do taco. Ao longo de várias tacadas, a ponteira se desgasta e deve ser trocada

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=fst41-UYI3E>

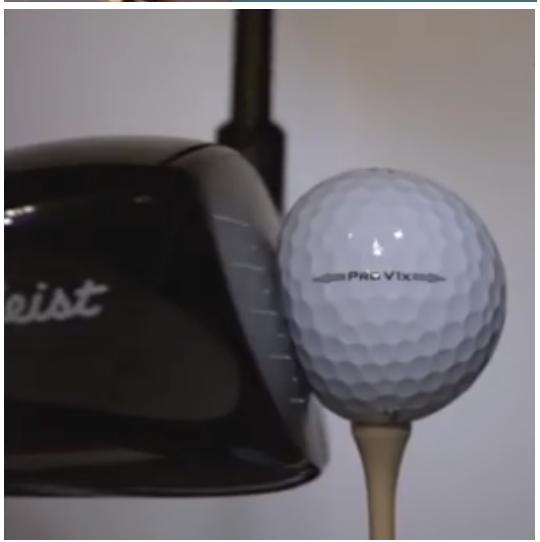
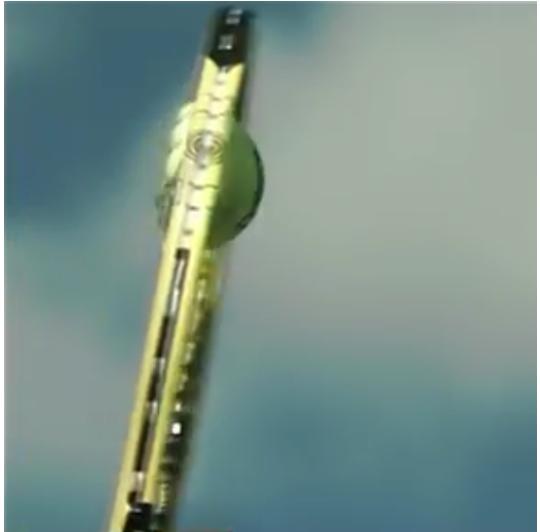
Durante o curto contato, observa-se que ocorre simultaneamente a compressão da ponteira e o início do movimento da bola. Ambos os corpos experimentam a mesma força, ao mesmo tempo que o taco empurra a bola e faz ela se movimentar, a bola empurra o taco e comprime sua ponteira. Essa observação de que o objeto que faz a força também sofre a mesma força pode ser observada em qualquer esporte que faz uso de tacos. Por isso, nos três exemplos anteriores pudemos observar que o taco de baseball e as raquetes de tênis e lacrosse quebraram quando bateram contra as bolas.

O mais impressionante é que essa observação “quem empurrou também é empurrado” acontece sempre que uma força é aplicada.

Vamos explorar mais alguns exemplos. Já vimos que a raquete de tênis ou o bastão de basebol sofrem uma força grande o suficiente para parti-lo ao meio. O que acontece com as bolas?

Ao lado temos mais algumas imagens que centralizam as deformações que a bola sofre no impacto. Fica mais perceptível que as mesmas forças que são capazes de quebrar os diferentes tacos também deformam consideravelmente as bolas de cada um dos esportes citados.

Observamos que forças possuem uma natureza dual. Qualquer objeto que aplica uma força tem que ser capaz de suportar a carga que aplica. Essa natureza é de fundamental importância e recebe um nome especial: **Lei da Ação e Reação** e destaque dentre as famosas leis de Newton.



A primeira imagem mostra a deformação em uma bola de tênis, a segunda abaixo a deformação em um bola de golfe e a última uma bola de basebol.

Fontes:

Tênis: <https://www.youtube.com/watch?v=m0Bf341rcyl>

Golfe: <https://www.youtube.com/watch?v=6TA1s1oNpbk&t=37s>

Basebol:

<https://www.youtube.com/watch?v=uxlldMoAwbY&t=150s>

Bolas!

Na maioria dos esportes a bola é um elemento central da prática e comumente é através dela que os jogadores interagem entre si, marcam pontos e pensam em estratégias para vencer. Sendo o objeto tão central e tantas práticas diferentes, ela será o centro deste estudo, veremos as diferenças entre as bolas e como suas propriedades determinam as características do jogo.

Veja abaixo algumas bolas comuns de práticas esportivas dentro do Brasil:

Esporte	Massa	Circunferência	Pressão (nível do mar)	Fonte
Futebol (campo)	410g - 450g	68cm - 70cm	0.6atm - 1.1atm	IFAB 20/21
Vôlei (quadra)	260g - 280g	65cm - 67cm	0.29atm - 0.31atm	FIVB 2016
Bilhar (bola 8)	156g - 170g	17cm-18cm	Maciça	WPAPool 2001
Tênis (tipo 1)	56.0g - 59.4g	20cm - 21cm	Sem valor fixo ¹	IFT 2021
Boliche	Até 7.25kg ²	67cm - 68cm	Maciça	WBF 1998

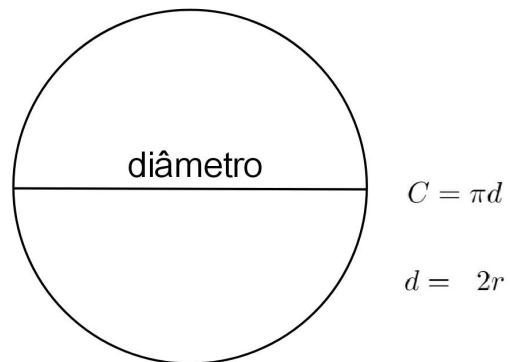
Notas:

1. O grupo IFT não aponta uma pressão específica e dão preferência para testes de deformações na bola de tênis, essa deformação é controlada pela pressão interna da bola (bolas pressurizadas) ou pela rigidez da borracha (bolas maciças).
2. Não é específico o mínimo da massa de uma bola de boliche.

Acima há apenas algumas bolas, mas já podemos perceber algumas diferenças. Se compararmos qualquer uma das bolas com uma bola de boliche, percebemos uma diferença significativa na massa. Essa diferença de massas se reflete na natureza do esporte, por exemplo, compararmos o futebol com o boliche. O futebol é um jogo que requer agilidade dos praticantes para manipular a bola com passes, fintas e chutes. O boliche apenas permite que o jogador interaja com a bola em seu lançamento, em uma manobra precisa para derrubar todos os pinos.

Seria possível executar os movimentos ágeis do futebol com uma bola tão massiva quanto aquela usada no boliche? Seria prático derrubar pinos tão distantes com uma bola tão massiva quanto a de futebol? Provavelmente jogar futebol com uma bola de boliche quebraria alguns dedos do pé e qualquer vento ou imperfeições na pista atrapalham a bola de futebol em seu trajeto até os pinos.

Outra característica não explícita na tabela é a compressibilidade da bola, enquanto uma bola de tênis deve ser bastante elástica a bola de bilhar é bastante rígida. Isso é porque



Apesar de cada esporte descrever as dimensões de sua bola de formas diferentes o mais comum é utilizar sua circunferência (para bolas esféricas).

o bilhar requer colisões perfeitas (sem perda de velocidade) enquanto o tênis preza por aumentar a interação da raquete com a bola.

Avaliar a bola é um bom primeiro passo para entender a física que o governa e, consequentemente, possibilitar decisões que melhorem a performance dentro e fora de quadra.

Efeitos da massa de uma bola

Todo corpo possui uma massa, alguns mais do que outros. Algo que fazemos todos os dias por pura intuição é julgar quanta massa tem os objetos que interagimos com. Isso já deve ter acontecido com você: ao tentar levantar com uma mão algum objeto que parece muito massivo e, de repente, surpresa! O objeto é leve e sua mão sobe sem controle. Julgar a massa das coisas é importante para sabermos a intensidade da força necessária para o movimento.

O contrário também pode acontecer, se julgarmos que um objeto é leve e realizar pouca força para movimentá-lo ele simplesmente não sai do lugar. O vídeo ao lado ilustra essa situação, a bola que os pedestres estão tentando chutar está cheia de pedras e terra, então eles julgam mal a força necessária e a bola continua parada.

Isso é verdade para todos os corpos, se o objeto tem mais massa é necessário mais força para o fazer entrar em movimento. Do contrário, se o objeto tem menos massa é necessário menos força para o fazer entrar em movimento. Apesar de ser um fato que se aplica a todos os corpos, essa noção é um pouco incompleta, afinal só estamos observando o caso de uma bola parada que irá se movimentar. O que acontece se uma bola já está se movimentando?



Vídeo de uma pegadinha. A bola que os pedestres tenta chutar está com terra para aumentar sua massa, fica claro como conhecer a massa do objeto é fundamental para podermos interagir com ele

<https://www.youtube.com/watch?v=21-MBDaJDFc&t=51s>

Atrito no boliche

Vamos observar como ocorre um strike no boliche. Apenas com a bola entrando em contato com os pinos não seria possível marcar um strike, é necessário fazer os pinos derrubarem uns aos outros.

O vídeo ao lado ilustra o que seria um strike perfeito, que consiste em fazer a bola se aproximar com um ângulo de 3 a 6 graus dos primeiros pinos. Essa angulação é suficiente para que os pinos façam uma reação em cadeia e se derrubem por completo. Entretanto, se um jogador tentasse fazer com que a bola se aproxime dos pinos nesse ângulo ideal por uma linha reta, seria necessário lançar a bola da pista ao lado.

Veja ao lado um esquema de uma pista de boliche para saber de onde que a bola deve ser lançada para atingir os pinos para um strike em uma linha reta.

Entre o início da pista até o primeiro pino, tem-se normalmente 18 metros de distância. Como queremos atingir este pino com um ângulo de 3 - 6 graus podemos desenhar um triângulo retângulo. Os catetos desse triângulo são os dezoito metros da pista e quantos metros devemos ir para a direita ou esquerda para conseguir uma trajetória reta até o primeiro pino.

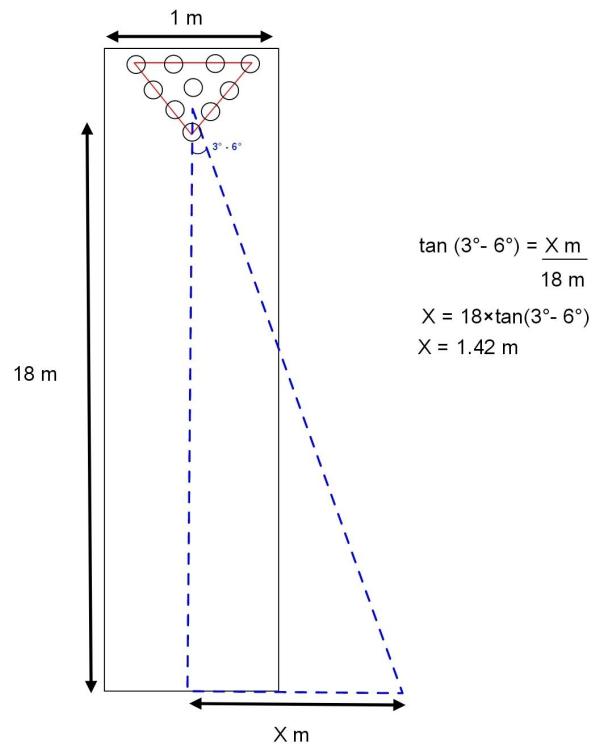
Sabendo da relação de tangente da trigonometria, que envolve os catetos desse triângulo, podemos calcular que seria necessário lançar a bola da pista ao lado para conseguir um strike.

Em outras palavras, é impossível lançar a bola no boliche em uma linha reta para se obter um strike! Entretanto, se você já saiu para jogar com amigos ou assistiu a algum vídeo, verá que é possível derrubar todos os pinos com apenas um lançamento da bola. Já que uma trajetória em linha reta é impossível, a única alternativa que resta é uma curva.



Quando a bola atinge o primeiro pino de 3 a 6 graus uma reação em cadeia onde os pinos se derrubam.

fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=0EVw8c-X1I4>



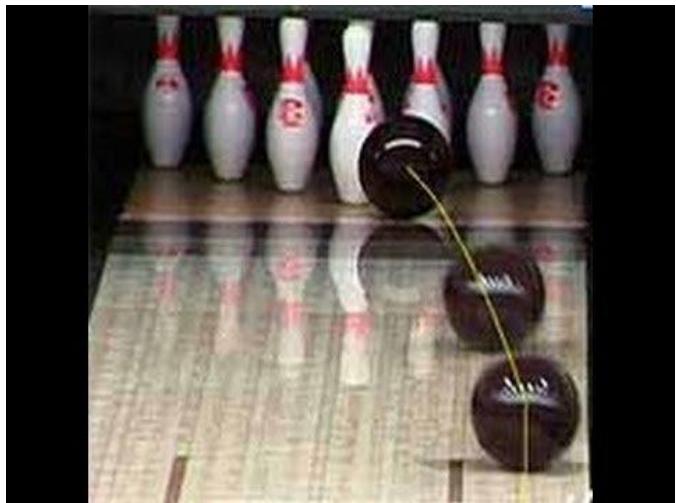
Nesta imagem o triângulo vermelho representa a área onde os pinos (os círculos) estão posicionados. O grande retângulo preto é a pista de boliche e usamos o triângulo azul para calcular de onde deveria ser lançada a bola para conseguirmos um strike em linha reta.

Curvando o Caminho da Bola

Para fazer a bola no boliche descrever uma curva, o praticante deve fazer a bola rolar de uma maneira muito precisa. O mesmo truque para curvar a bola de boliche é usado na brincadeira com bambolês de lançar o aro para frente e fazer com que ele volte rolando. Ao invés de fazer a bola rolar de volta para nós, o jogador de boliche deve fazer a bola rolar na direção dos pinos e uma curva.

Mas não basta fazer a bola girar adequadamente para obter um strike. Toda pista de boliche é coberta com óleo ou cera em padrões diferentes, de modo que cada pedaço da pista pode ser mais liso ou mais áspero.

Nos pedaços em que a pista é mais lisa, a bola irá **derrapar** mais. Nos pedaços em que a pista é áspera, a bola irá **rolar** mais.



A imagem é uma montagem que ilustra uma trajetória curvilínea em um lançamento no boliche. A bola deve viajar em uma curva para atingir os pinos, mas é importante dizer que não existe uma única curva que cause um strike!