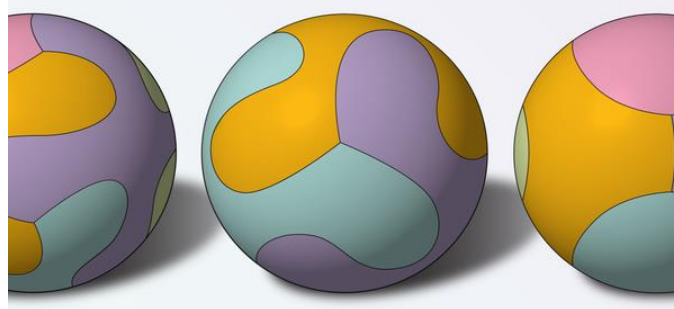


A matemática e a física surpreendentes por trás da bola de futebol da Copa do Mundo de 2026.

Veja como o novo design tetraédrico da bola de futebol "Trionda" pode afetar o grande jogo do ano que vem.

POR EMMA R. HASSON, EDITADO POR SARAH LEWIN FRASIER.



Cada Copa do Mundo traz um novo e empolgante design de bola. A bola Trionda de 2026 está no centro das atenções.

Amanda Montañez

ATUALIZAÇÃO: A Adidas apresentou oficialmente a nova bola Trionda para a Copa do Mundo da FIFA de 2026 em 2 de outubro de 2025, na cidade de Nova York. Adicionamos uma foto dessa apresentação à matéria abaixo sobre a matemática por trás do design da bola Trionda.

A cada quatro anos, os fãs de futebol aguardam ansiosamente o maior evento do esporte: a Copa do Mundo da Federação Internacional de Futebol (FIFA). Mas, antes de cada pontapé inicial emocionante, artistas e pesquisadores passam anos projetando, testando e revisando a bola oficial da partida. Recentemente, imagens da bola planejada para a competição de 2026 vazaram, e seu design incorpora matemática, física e estilo de maneiras surpreendentes.

Chamada de Trionda (em espanhol, "trionda"), a nova bola celebra as três nações anfitriãs — Estados Unidos, México e Canadá — da primeira Copa do Mundo sediada por um grupo multinacional. A bola é composta por apenas quatro painéis, o menor número já usado em uma bola de Copa do Mundo da FIFA. E representa uma redução significativa em relação à bola Al Rhila, com 20 painéis, usada em 2022.

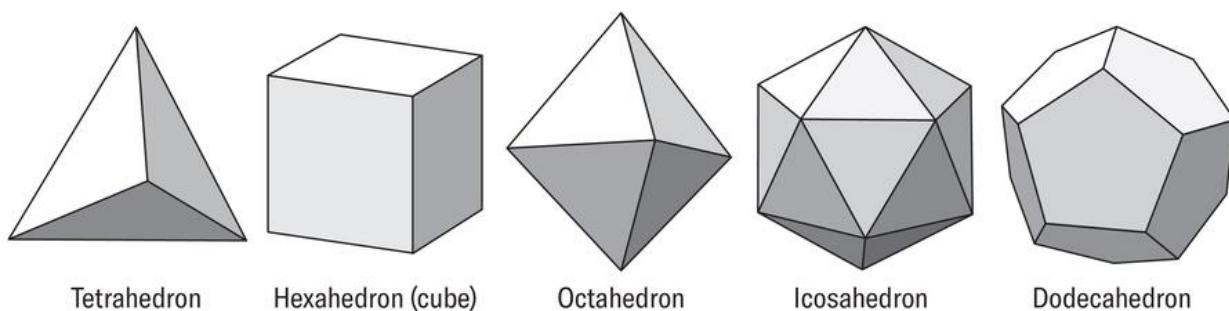


A bola Trionda da Copa do Mundo da FIFA, oficialmente apresentada em 2 de outubro, corresponde ao design que vazou no verão de 2025.

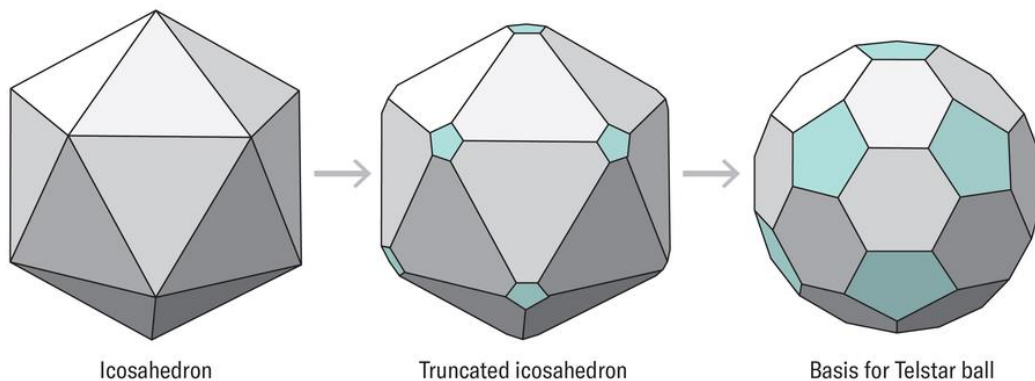
SOBRE O APOIO AO JORNALISMO CIENTÍFICO

Se você gostou deste artigo, considere apoiar nosso jornalismo premiado assinando nossa publicação . Ao assinar, você ajuda a garantir a continuidade de histórias impactantes sobre as descobertas e ideias que moldam o nosso mundo hoje.

O design de qualquer bola de futebol se baseia em uma questão antiga: como criar formas arredondadas a partir de um material plano? Todas as bolas da Copa do Mundo da FIFA até agora se inspiraram em algumas das formas tridimensionais mais simples da matemática : os sólidos platônicos . Essas cinco formas são os únicos poliedros convexos construídos a partir de cópias de um único polígono regular, onde o mesmo número de faces se encontra em cada vértice.

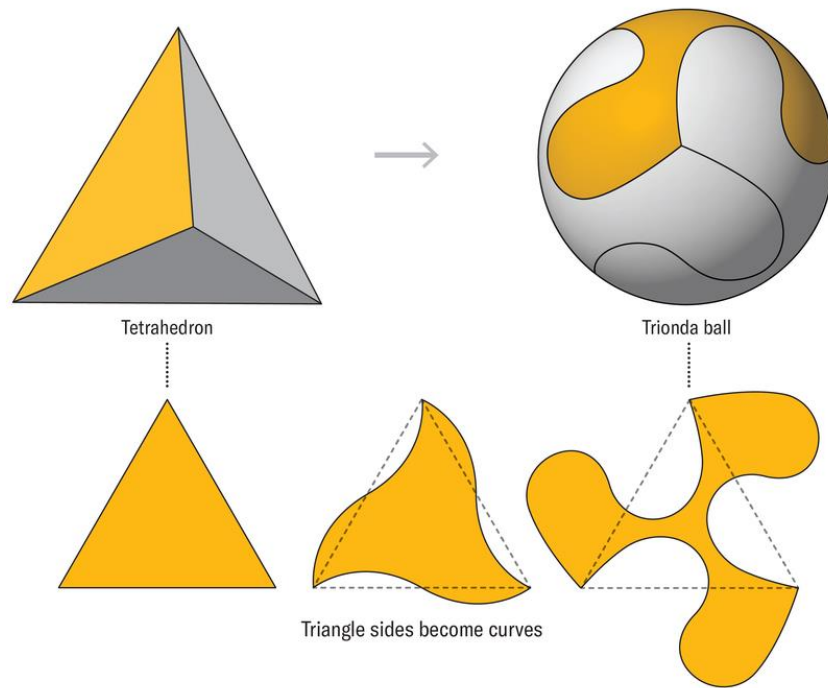


O icosaedro, que possui 20 faces triangulares e uma aparência relativamente esférica, parece promissor, mas ainda é um pouco pontiagudo demais para rolar. Se cortarmos (ou truncarmos) as pontas de um icosaedro, cada um dos triângulos se torna um hexágono e cada uma das pontas se torna um pentágono.

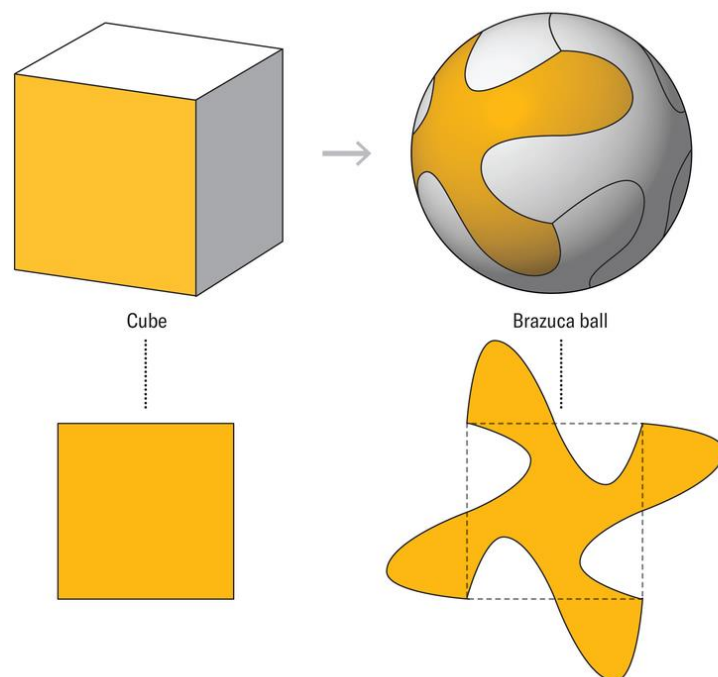


Este é o formato da bola de futebol clássica, originalmente chamada de bola Telstar e usada na partida oficial da Copa do Mundo da FIFA de 1970. O esquema de cores em preto e branco tinha como objetivo aumentar a visibilidade em televisores em preto e branco , que ainda eram comuns na época.

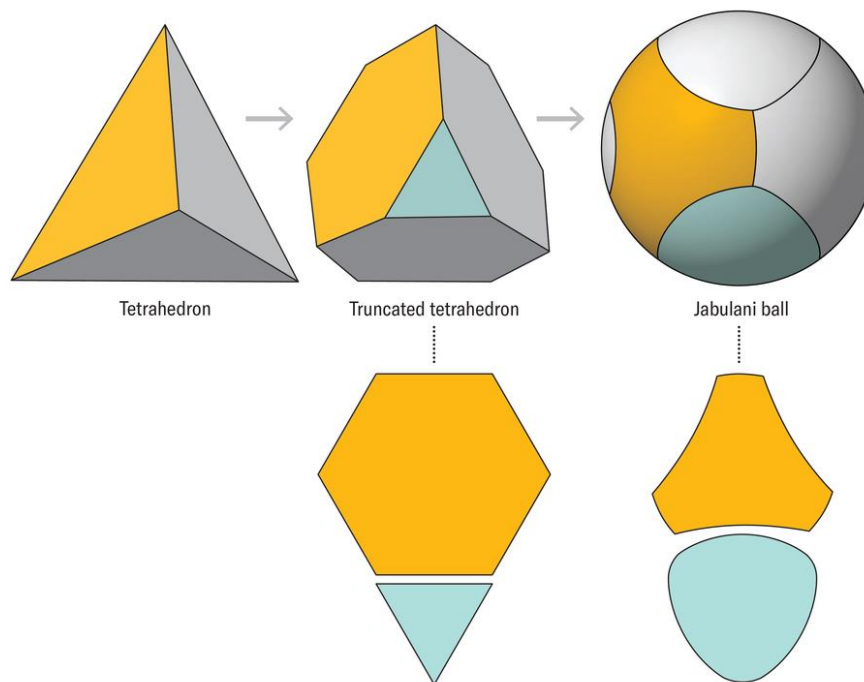
A esfera Trionda também é baseada em um sólido platônico — o tetraedro — que à primeira vista parece a forma menos esférica de todas as formas famosas. Um tetraedro é formado por quatro triângulos, três dos quais se encontram em cada vértice. O segredo do design da Trionda está no formato dos painéis. Embora tenham três vértices como um triângulo típico, as bordas dos painéis são curvas que se encaixam para dar à esfera uma superfície mais arredondada.



Este método de arredondar um sólido platônico pontiagudo curvando as arestas das faces pode ser familiar aos fãs de futebol; na verdade, o design da bola Trionda evoca fortemente a Brazuca, uma bola de seis painéis baseada em um cubo que foi destaque na Copa do Mundo de 2014.



Basear a bola Trionda em um tetraedro pode ter sido uma escolha arriscada; a última bola oficial baseada nesse formato foi bastante controversa. A bola Jabulani, cujo nome significa "alegria" em zulu, talvez tenha sido alegre demais. Os jogadores reclamaram que ela era imprevisível no ar e não reagia da maneira esperada. O design da Jabulani combinava os dois métodos de transformar um sólido platônico em uma esfera: cortar os cantos para criar oito faces e curvar as arestas das faces. Ela também possuía uma característica única, não compartilhada com nenhuma das bolas oficiais anteriores ou posteriores: painéis tridimensionais moldados esféricamente.



A Jabulani talvez tenha sido a bola mais redonda até então. Então, por que não funcionou como esperado? A resposta tem a ver com o "arrasto" — a força das partículas de ar que empurram a bola enquanto ela voa pelo espaço. Normalmente, quanto mais rápido uma bola se move, maior o arrasto que ela experimenta, o que pode diminuir sua velocidade e alterar sua trajetória. Mas cada bola também tem uma "velocidade crítica" acima da qual o arrasto diminui significativamente. Quanto mais lisa for uma bola, maior será o limite da velocidade crítica. É por isso que as superfícies das bolas de golfe têm covinhas: elas diminuem a velocidade crítica e ajudam as bolas a se moverem mais rápido pelo ar. Esses efeitos significam que mais redonda e lisa nem sempre é melhor — e podem explicar o comportamento imprevisível da Jabulani.

A minimização do arrasto provavelmente explica as irregularidades na superfície da bola Trionda e também justifica suas costuras sinuosas. Os projetistas de bolas utilizam uma combinação de textura da superfície, comprimento e profundidade das costuras para obter a quantidade ideal de "aspereza", de modo que os jogadores se sintam confortáveis com a bola ao entrarem em campo.

Embora o grau de rugosidade seja importante, a localização das costuras e a textura da superfície também podem afetar a confiabilidade da bola no ar. Em particular, os pesquisadores estão preocupados com o "efeito knuckleball", nomeado em referência a um tipo de arremesso no beisebol. Quando uma bola gira rapidamente no ar, a localização de seus elementos ásperos importa menos; a bola se move como se essas características estivessem distribuídas uniformemente. Mas se a bola for arremessada ou chutada de uma maneira que minimize a rotação, suas áreas mais ásperas sentirão diferentes níveis de resistência do que as laterais mais lisas, fazendo com que ela se mova de forma imprevisível. Esse efeito é bom para um arremessador de beisebol, que quer dificultar o rebatimento da bola pelo rebatedor, mas não tanto para um jogador de futebol, que quer que a bola vá precisamente para onde ele a direciona. Para evitar esse efeito, os designers de bolas de futebol geralmente tentam torná-las o mais simétricas possível; eles querem que a bola pareça a mesma de diferentes ângulos enquanto gira. A simetria é uma das preocupações dos especialistas em relação à bola Trionda; Por ser baseada em um tetraedro, possui menos simetrias do que, por exemplo, a clássica bola de Telstar. Enquanto a bola de Telstar apresenta a mesma aparência em 60 posições possíveis, a bola de Trionda possui apenas 12 simetrias rotacionais.

Os jogadores estarão de olho em como todas essas qualidades podem afetar o comportamento da bola em campo. Acompanhar a evolução da bola e praticar bastante com a bola de jogo é "muito importante", diz Brad Friedel, ex-goleiro que jogou pelas seleções nacionais dos EUA em duas Copas do Mundo e duas Olimpíadas. Ao testar uma bola nova, ele diz: "você simplesmente faz um treino normal e observa as pequenas nuances. Ela só tem boa aderência quando está seca? É boa quando está molhada? Como é a trajetória em cruzamentos por cobertura?"

De modo geral, sobre os diferentes formatos de bola, Julia Grosso, meio-campista do Chicago Stars Football Club e ex-jogadora da seleção canadense nas duas últimas Copas do Mundo Femininas, afirma: "O importante é como podemos trabalhar juntas como equipe para vencer, e não com que tipo de bola estamos jogando". Ela acrescenta, porém, que treinar com uma bola específica antes da partida "ajuda bastante" para entender como ela vai reagir e fazer os ajustes necessários.

Não são apenas os jogadores que estão ansiosos para colocar as mãos nas novas bolas. "Estou louco para segurar [a Trionda] e ver como é a sensação, como é a estrutura das costuras e tudo mais", diz o físico esportivo John Eric Goff, da Universidade de Puget Sound. Assim que a bola for lançada oficialmente, ele e seus colegas farão testes em túnel de vento para analisar suas propriedades físicas com precisão. Enquanto a maioria dos torcedores de futebol estará torcendo pelos jogadores, redes inteiras de artistas, engenheiros e cientistas estarão torcendo pela bola.

DIREITOS E PERMISSÕES

EMMAR. HASSON é a especialista em jogos da *Scientific American* e candidata a doutorado em matemática no Centro de Pós-Graduação da Universidade da Cidade de Nova York, com especialização em educação matemática e comunicação. Hasson também foi bolsista da AAAS Mass Media na *Scientific American* em 2025 .