3 A BICICLETA DE CORRIDA, POR PARTES.

A bicicleta de corrida é uma máquina complexa, porque possui centenas de peças construídas com a maior precisão mecânica possível, e ao mesmo tempo é uma máquina projetada para carregar estritamente o necessário. Nada numa bicicleta de corrida é supérfluo, e tudo é voltado para permitir que o ciclista ande mais rápido.

Este capítulo descreve as diferentes partes que compôem a bicicleta de estrada partindo da roda, e passando pelos pneus, pelos freios, pela corrente e os sistemas de câmbio, e finalmente descrevendo o quadro e os diferentes materiais com os quais ele é feito.

3.1. A RODA

A roda é o elemento mais crucial da bicicleta: ela permite à pessoa rolar sobre o chão com velocidade e eficiência. Historiadores acreditam que a roda foi inventada na Mesopotâmia por volta de 3,500 AC. Enquanto não se andava ainda de bicicleta naquela época, carruagens puxadas por animais levaram mercadorias e pessoas a outros lugares por milhares de anos. Durante a revolução industrial no século XIX, o avanço nos materiais e na engenharia tornou possível usar a roda eficientemente em máquinas que utilizam a força humana. A bicicleta moderna, como já foi dito, apareceria no final do século XIX.

A resistência ao movimento de uma roda pode variar tremendamente, dependendo da superfície em que se trafega. Uma estrada áspera produz muito mais resistência do que uma estrada lisa. Os romanos já sabiam disso e elaboraram uma extensa rede de

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA

estradas pavimentadas, o que pode ter sido o primeiro avanço no caminho de facilitar o trabalho das rodas, e certamente não foi o último (Patterson, 2004).

Vários tipos de rodas para bicicletas são fabricadas hoje em dia, e são muitos os fatores que afetam sua performance, como a dureza do conjunto, o peso, a resistência aerodinâmica, a força, a durabilidade e a eficiência da superfície do freio. Quase todos os tipos de roda que existem podem ser construídas para satisfazer estes critérios, exceto dois deles: o arrasto aerodinâmico, e o peso.

Segundo (Burke, 2003), a resistência aerodinâmica de uma roda pode aumentar em até 30%, dependendo do tipo de sua construção, e o arrasto da roda traseira representa 60% do arrasto da roda dianteira, já que está relativamente protegida do vento por outras partes da bicicleta.

A rigidez das rodas é criada pela tensão nos raios. Ao invés de se colocarem passivamente entre o aro e o miolo da roda, eles são montados de forma que exista tensão entre eles, "puxando-os" para o centro da roda. Essa tensão é o que dá a todo o conjunto a resistência e a rigidez necessária. "As rodas podem agüentar 400 vezes o seu peso normalmente, e por vezes suportam até 700 vezes o seu peso, o que as torna uma das estruturas mais fortes já feitas pelo homem." Diz Paul Salvagione, construtor de bicicletas (Patterson, 2004).

Nesta altura deve-se dizer que, de uma maneira geral, quando um componente da bicicleta é muito rígido, ocorrem dois fenômenos. O primeiro é que, ficando no exemplo das rodas (mas também pode-se dizer isso do quadro, do garfo e do canote do selim), uma estrutura rígida permite que a força colocada no pedal seja transferida para a roda de trás sem perdas, maximizando a tração. Uma roda que não é rígida se flexiona (minimamente, é claro) desperdiçando o esforço do atleta. O segundo fenômeno é que esta mesma rigidez faz com que as imperfeições do solo sejam transmitidas também sem perdas para todo o resto do conjunto, e por conseqüência, para o corpo do atleta.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA

3.2. OS PNEUS

Os pneus das bicicletas atuais são feitos em borracha com estruturas internas da algum tipo de material, como aço ou kevlar[1].

As bicicletas de estrada (Figura 11) possuem pneus finos e leves, que chegam a pesar até 130 gramas (Burke, 2000), enquanto bicicletas de trilhas têm pneus mais grossos. Isso é uma consequência da superfície em que eles andam. O pneu fino das bicicletas de corrida, que vão de 1,8 a 2,5 cm de diâmetro normalmente, não precisa de muito contato com a superfície do solo porque normalmente as estradas são asfaltadas e não apresentam uma infinidade de obstáculos como os terrenos acidentados e trilhas por onde andam os pneus de *mountain bikes*.

Segundo Burke (2003), quando o pneu passa por uma superfície, o peso do ciclista e da bicicleta faz ele sofrer um achatamento. Esse achatamento temporário do pneu (e da roda também, mas numa escala muitíssimo menor), aliado ao tipo de pavimento, é o que produz a resistência da estrada. E ainda segundo Burke (2003), o tipo de superfície de estrada pode facilmente dobrar o arrasto provocado pelo pneu. Seguindo esta lógica, percebe-se que pneus murchos têm maior resistência. Para minimizar este "efeito achatamento", os pneus de bicicletas de estrada são inflados à pressões de 100 ou 120 PSI (libras por polegada quadrada), enquanto bicicletas de trilhas têm os seus pneus por volta de 60 PSI.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA

---

[1] Kevlar é um material de fibra sintética inventado pela empresa DuPont. A empresa alega que o material é cinco vezes mais forte que o aço, comparado com o peso. Foi originalmente desenvolvido para substituir os cintos de aço dos pneus, mas hoje seu uso mais conhecido é em coletes à prova de balas, equipamentos esportivos, aeronaves, e embarcações

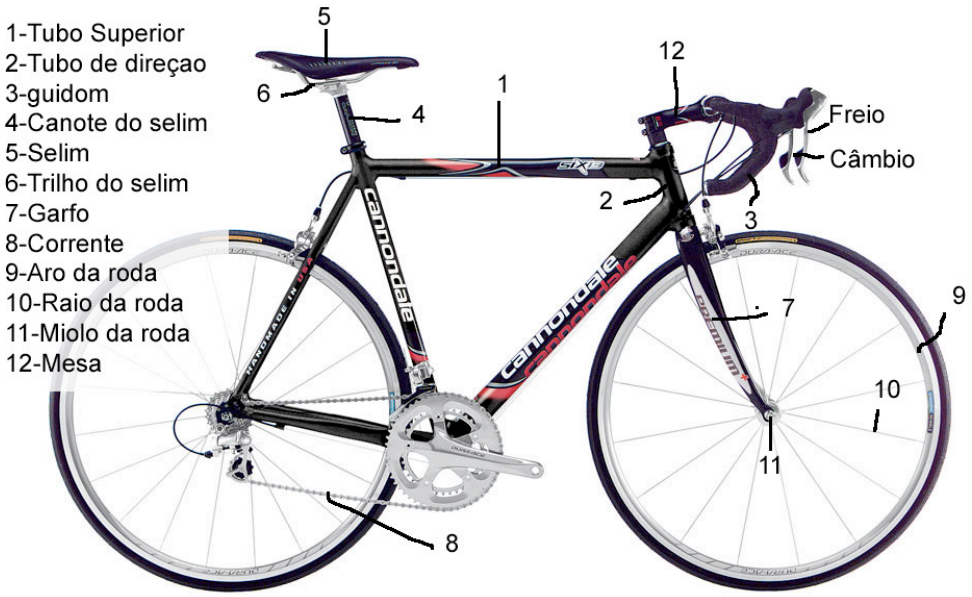

Figura 1 – Mapa da bicicleta de corrida. Fonte: Linhares, 2006, a partir de imagem de www.cannondale.com, 2005.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA

3.3. OS FREIOS

Existem diversos modelos de freios nas bicicletas atuais, mas as bicicletas de estrada usam apenas um modelo: o freio com acionamento no aro, conhecido como "cantilever". O ciclista aciona o freio através de alavancas no guidom que puxam cabos e forçam as pastilhas contra os aros das rodas. Esses freios são usados nas bicicletas de corrida pelo menor peso de todo o conjunto em comparação com outros tipos de freio, mas possuem suas desvantagens, como no caso de situações em que as pistas estão molhadas. Nestes casos a distância de frenagem pode até dobrar, pois a água age como um lubrificante nas laterais do aro. Além disso, durante grandes descidas, as sapatilhas de freio podem super-aquecer ou aquecer o próprio aro da bicicleta ao ponto de provocar furos na câmara de ar. Estas características forçaram os ciclistas a elaborar técnicas de frenagem especiais, como aplicar forças moderadas e com pequenos intervalos entre as mesmas. Esta técnica ajuda a performance dos freios principalmente em condições molhadas, já que as sapatilhas "limpam" os aros do excesso de água antes de

efetivamente iniciar a frenagem. Além disso, ajuda a evitar derrapagens ocasionadas por uso excessivo da força nos freios, o que provoca descontrole total da bicicleta e é evitado a todo custo pelos ciclistas.

Encontrar o equilíbrio perfeito dos freios entre a roda traseira e dianteira também é muito importante. Quando se freia, a inércia do corpo força o peso para a roda da frente, o que gera uma maior força no freio da roda dianteira. Mas quando se aplica demasiadamente o freio nesta roda, deve-se ter o cuidado para não travá-la (uma roda dianteira travada é o pior cenário possível quando se necessita parar rapidamente), e para manter o corpo equilibrado sobre a bicicleta, evitando o risco de ser catapultado para frente. Então, a melhor maneira de freiar a bicicleta é de equilibrar os freios dianteiros e traseiros para freiar no menor espaço possível.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA

3.4. A CORRENTE E O SISTEMA DE CÂMBIO

O sistema de câmbio é montado mecanicamente através de cabos que ligam as alças de câmbio presas ao guidom aos passadores de correntes na coroa. Este sistema preso ao guidom foi criado na década de noventa e permite que o ciclista mude de marchas sem retirar as mãos do guidom. Antes deste novo sistema, as alavancas de mudança de marcha eram fixas no quadro, e o ciclista era obrigado a retirar as mãos do guidom para fazer as mudanças de marchas. É desnecessário mostrar que este novo sistema trouxe muito mais segurança e agilidade para os ciclistas.

A corrente serve para transferir a força impressa nos pedais para a roda traseira, e sem o sistema de câmbio seria muito pouco eficiente em subidas ou contra o vento. Nessas condições o ciclista seria forçado a imprimir muita força nos pedais e o movimento se tornaria cansativo e lento. As marchas permitem que o ciclista pedale eficientemente em subidas ou contra o vento, e mesmo em descidas e com vento a favor. Nas bicicletas antigas, o pedal era preso diretamente na roda dianteira e uma volta nos

pedais significava uma volta na roda. As marchas permitem que o ciclista modifique essa relação. Em subidas, escolhe-se uma marcha em que várias pedaladas girem a roda apenas uma vez; em retas ou descidas velozes, escolhe-se uma marcha em que uma pedalada dá várias voltas na roda.

O câmbio torna possível que o ciclista mantenha a cadência (ritmo de pedaladas, normalmente registradas em pedaladas por minuto), com a qual este seja mais eficiente e se sinta mais confortável.

A cadência de ciclistas de estrada varia entre 75 e 120 revoluções por minuto (em pistas planas). Existem estudos que mostram que a cadência ideal em termos de fadiga muscular é de 90 RPM (Neptune, 1999), e que minimizar a fadiga muscular é um mecanismo importante na "escolha" da cadência pela atleta que pedala grandes distâncias (Neptune, 1999). Além disso, outros estudos (Neptune & Herzog, 1999) mostram que a habilidade que o ciclista tem de acelerar com eficiência diminui em altas cadências, e ainda outros (Marsh & Martin, 2000) que mostram que minimizar o movimento das juntas pouco afeta a escolha da cadência. De qualquer maneira, a cadência é uma questão vista como sendo extremamente pessoal pelos atletas, existindo atletas de ponta com cadências de 85 RPM ou 100 RPM.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA

3.5. O QUADRO

O pneu com câmara de ar e a corrente, seguido pelo desenvolvimento do câmbio, revolucionaram o ciclismo no final do século XIX. Nas últimas décadas houve uma evolução no desenvolvimento e na utilização de novos materiais na construção de quadros. As bicicletas modernas são construídas com materiais modernos, como titânio, alumínio e fibra de carbono. O resultado é que os quadros de bicicleta de hoje são mais leves e mais resistentes do que nunca.

O design de quadro mais popular é o "diamante duplo", o clássico desenho de quadro formado por dois triângulos. Esse design mudou muito pouco desde o final do

século XIX. Ele já mostrou que é um excelente uso dos materiais; pelo uso dos ângulos das barras para dar força ao conjunto, e pela maneira como suporta o castigo imposto pelos ciclistas. "Estruturalmente é impressionante. Se você estudar engenheiros trabalhando com estruturas, eles geralmente vão recorrer ao formato triangular, e já que o quadro é basicamente formado por dois triângulos, o resultado final é uma estrutura muito forte.", explica o ex-ciclista profissional Paul Bremen. (Patterson, 2004)

Dentro do design diamante das bicicletas de hoje existem algumas variações. Por exemplo, algumas bicicletas de fibra de carbono estão sendo feitas com tubos ovais, para aumentar a aerodinâmica. Diferenças como a distância entre as rodas, a inclinação do tubo superior e outras mudanças na geometria do quadro influenciam como a bicicleta vai se comportar na estrada.

Não importa qual seja o tamanho ou a geometria do quadro, em termos de conforto este deveria possibilitar que o triângulo formado entre os pontos de contato do ciclista com a bicicleta (pedais, selim e guidão) permaneçam os mesmos (Burke, 2003).

3.5.1. OS PRINCIPAIS MATERIAIS EMPREGADOS NO QUADRO

3.5.1.1. Aço

O aço é usado há muito tempo. Provavelmente é o material mais pesquisado, conhecido e usado em todo tipo de indústrias. É o mais ajustável, podendo ser construído com diferentes características físicas para cada tipo de uso. Também é, geralmente, um material de baixo custo comparado a outros materiais usados na construção de bicicletas. Há quadros de aço estirados um pouco mais leves, e os de aço temperado, que são usados em bicicletas de trilha pela sua robustez.

3.5.1.2. Cromo-Molibidênio

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA

É uma liga de aço muito usada em bicicletas de trilhas. São considerados de boa qualidade, e são muito usados pelo sua excelente relação peso/robustez/custo. A tecnologia de fabricação dos tubos de cromo-molibidênio permite que a parede do tubo tenha diferentes espessuras em diferentes pontos, alocando paredes mais espessas às regiões onde o quadro sofre maiores pressões.

3.5.1.3. Alumínio

O alumínio é um material muito interessante porque sua vida útil diminui conforme se aumenta sua flexibilidade. É por isso que boa parte dos tubos de alumínio usados em bicicletas têm diâmetros maiores que os tubos de outros materiais. Os tubos largos diminuem a flexibilidade do material, deixando-o rígido, para que a aceleração produzida pelo ciclista passe totalmente para as rodas e não seja absorvida pela flexão do material. Entretanto, essa rigidez excessiva torna a pedalada mais desconfortável, pois a bicicleta absorve as imperfeições do asfalto (Sidwells, 2003).

3.5.1.4. Titânio

É normalmente empregado na indústria aeronáutica. O consenso geral diz que o titânio é o melhor material para a construção de bicicletas. Ele tem uma excelente relação força/peso. Não é necessário pintá-lo pois ele não oxida, e continua com boa aparência após prolongados períodos de tempo. Ele possui a capacidade de absorver choques e tem a tendência de retornar à sua forma original após sofrer pressões. O custo, porém, é muito elevado em relação aos outros materiais, podendo custar até 15 vezes mais que o aço.

3.5.1.5. Fibra de Carbono

É conhecido como o material de construção de barcos. Se distingue dos outros porque ao invés de ser feito em tubos ou secções forjadas, com o carbono se pode moldar

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA

o formato de acordo com a necessidade. Com isso pode-se adequar uma parte específica para modificar a maneira como uma carga afeta esta área. De certa maneira o carbono é um material que permite que um produto seja feito "sob medida".

3.6.CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O mercado de bicicletas de estrada é relativamente desenvolvido (no exterior) e os investimentos em pesquisa e desenvolvimento geram constantemente testes de novos materiais, novas técnicas de montagem e de fabricação. Estes desenvolvimentos são obra de um trabalho em conjunto entre ciclistas e engenheiros. Os engenheiros aplicam o conhecimento sobre estruturas, materiais e dimensões emquanto os ciclistas geram *feedback* sobre o desempenho dos mesmos.

Todo este trabalho resulta em milhares de variações de materiais, formatos, e técnicas, com fabricantes sempre buscando colocar os seus produtos como sendo "originais" e "melhores" para superar a concorrência. O volume de informações gerada por toda esta diversidade é imenso, e não é o objetivo deste trabalho estudá-lo.

Neste capítulo, o que se buscou foi fazer uma exposição breve sobre os principais componentes da bicicleta, para que o leitor seja introduzido à terminologia de alguns componentes e compreenda seu funcionamento. É importante mencionar também que somente a bicicleta com quadro diamante está sendo enfocada, visto que este é o modelo das bicicletas de competição de longa distância.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410905/CA