

ALEXEI VON ZUBEN

**TRIATHLON: A INFLUÊNCIA DO CICLISMO
NA PERFORMANCE DA CORRIDA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
-FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA-

CAMPINAS – 2004



ALEXEI VON ZUBEN

TRIATHLON: A INFLUÊNCIA DO CICLISMO NA PERFORMANCE DA CORRIDA

Monografia apresentada como exigência parcial para a obtenção do certificado de graduação em Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, sob a orientação do Prof. Dr. Orival Andries Júnior.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
-FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA-**

CAMPINAS – 2004

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a todos que me ajudaram no
decorrer desses cinco anos de Faculdade,
principalmente aos meus pais Newton e Célia e a
minha namorada Isabele.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu técnico Ricardo Dantas e a minha psicóloga Carolina Rodrigues por todo apoio e ajuda que me deram e ao meu grande orientador, Orival, por todas as nossas conversas sobre treino.

RESUMO

O Triathlon é um esporte muito recente, composto por três modalidades esportivas: natação, ciclismo e corrida. Na tentativa de otimizar a performance no ciclismo e na corrida, realizei este levantamento bibliográfico objetivando identificar e analisar as variáveis relacionadas ao ciclismo que podem influenciar na corrida, tais como: diferentes tipos de geometria de bicicletas utilizadas que geram requerimentos musculares diversos e que podem afetar o requerimento muscular na corrida, influência dos variados posicionamentos que cada atleta assume nos tipos de bicicletas, materiais utilizados e, por fim, a relação das estratégias de pedalada (cadência) utilizada pelos triatletas. A partir dessa análise, pude concluir que as bicicletas de triathlon são as mais eficientes tanto para a etapa de ciclismo, quanto para a etapa de corrida, entretanto, dependendo do tipo de prova realizada, a definição do material e da bicicleta pode influenciar na escolha.

ABSTRACT

The Triathlon is a new sport formed by swimming, cycling and running. In attempt to have a better performance both in cycling and running, I had done this paper with a objective of identification e analyses of the factors that influence cycling and running, for example: different kind of bike frame used that can result in differentiation of muscle activity and the reflect of this differentiation in muscle activity of running, the influence of the position assumed by the athlete in with kind of bike, materials (wheels) used, and in the end which strategic used during cycling can improve in running performance (cadence). At this moment, I concluded that the triathlon bike is the best to improve cycling and running performance is, however the characteristics of the race can influence in the choose of which components and bike used.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
-------------------	----

CAPÍTULO 1

1 - Triathlon	12
1.1 -História	17
1.2 -Triathlon No Brasil	18
1.3 -Ironman	19
1.4 - A Prova	22

CAPÍTULO 2

2- Bicicletas	26
2.1- Definições	31
2.2– Diferenças	31
2.3– Diferenças No Formato Dos Quadros	34
2.4– O Formato Dos Tubos	35

CAPÍTULO 3

3 – Biomecânica	38
3.1- Biomecânica Do Ciclismo	38
3.1.1- Fatores Relacionados Ao Meio Ambiente	39
3.1.1.1- Gravidade	39
3.1.1.2- Atrito Ou Resistência De Rolamento	39
3.1.1.3- Resistência Do Ar	40
3.1.2- Fatores Mecânicos Internos	41
3.1.3- Fatores Mecânicos Externos	41
3.1.4- Fatores Mecânicos Internos - Musculatura	42
3.1.4.1- Ciclo De Pedalada	42
3.1.4.2- Bicicletas De Estrada	45
3.1.4.3- Bicicletas De Triathlon	48
3.2- Biomecânica Da Corrida	50
3.3- Bicicletas De Estrada Versus Bicicletas De Triathlon Versus Corrida	53
3.4- Fatores Mecânicos Externos – Posicionamento	55

3.5- Materiais Utilizados.....	61
CAPÍTULO 4	
4 – Cadência.....	64
4.1- Cadência e Ciclismo.....	64
4.2 – Cadência e Corrida.....	67
4.3 – Cadência no Ciclismo e na Corrida.....	67
CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	72

SUMÁRIO DE TABELAS E FIGURAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1-Distâncias das Provas de Triathlon	12
Tabela 2- Tempo Médio de Finalizações das Provas dos Atletas Elite Masculino- Profissionais.....	13
Tabela 3 - Tempo Médio de Finalizações das Provas dos Atletas Elite Feminina- Profissionais.....	13
Tabela 4 – Pontuação.....	15
Tabela 5 – Federações de Triathlon no Brasil	19
Figura 1 – A Largada.....	22
Figura 2 – A Natação.....	24
Figura 3 – O Ciclismo.....	24
Figura 4 – A Corrida da Chegada.....	25

CAPÍTULO 2

Figura 5 – As Primeiras Bicicletas (de Estrada) Usadas por Triatletas.....	26
Figura 6 – As Primeiras Bicicletas (de Triathlon) Usadas por Triatletas.....	27
Figura 7 – Clip, Aerobar, Guidão e Guidão e Clip.....	28
Figura 8 – Anatomia De Uma Bicicleta.....	30
Figura 9 – Representação Esquemática de uma Bicicleta.....	30
Figura 10 – Principais Diferenças	32
Figura 11 – Diferenças nos Formatos dos Tubos de Bicicletas de Triathlon e Estrada.....	36

CAPÍTULO 3

Figura 12 – Ciclo de Pedalada.....	43
Figura 13 – Representação Esquemática do Ciclo de Pedalada.....	45
Figura 14 – Bicicletas de Estrada.....	45
Figura 15 - Representação Esquemática do Requerimento	

Muscular em Cada Fase do Círculo de Pedalada-Bicicleta de Estrada.....	47
Figura 16 – Bicicletas de Triathlon.....	48
Figura 17 - Representação Esquemática do Requerimento Muscular em Cada Fase do Círculo de Pedalada-Bicicleta de Triathlon.....	49
Figura 18 – Biomecânica da Corrida.....	50
Tabela 6 – Fases da Corrida.....	51
Figura 19 - Posicionamento Ideal do Atleta sobre a Bicicleta.....	56
Figura 20 - Diferença no Posicionamento do Atleta nas duas Bicicletas.....	59
Figura 21 - Posicionamento do Atleta na Bicicleta de Estrada.....	60
Figura 22 - Posicionamento do Atleta em Bicicletas de Triathlon	60
Figura 23 – Diferentes Tipos de Rodas.....	61
Tabela 7- Tempo Gasto em 40 Km com o Uso de Rodas Tradicionais.....	63
Tabela 8 - Tempo Gasto em 40 Km com o Uso de Rodas Aerodinâmicas.....	63

INTRODUÇÃO

O triathlon, um esporte relativamente novo, se popularizou no final da década de 70 no Havaí (EUA) com o Ironman (3,8 quilômetros de natação, 180 quilômetros de ciclismo e 42,195 quilômetros de corrida). Na década de 80, em Los Angeles (EUA), surgiu o Triathlon Olímpico (1,5 quilômetros de natação, 40 quilômetros de ciclismo e 10 quilômetros de corrida) e por volta da metade da década de 80, surgiu o Short Triathlon (750m natação, 20km ciclismo e 5km corrida).

No Brasil, o Triathlon (Olímpico e Short) surgiram em 1982 no Rio de Janeiro. Porém apenas em 1990 com a criação das federações, é que houve um aumento em sua popularidade.

Mesmo sendo um esporte recente, o numero de aficionados cresce a cada dia e com ele, o interesse da ciência em realizar pesquisas científicas visando desenvolver novas formas de treinamento, novos materiais (bicicletas, tênis de corrida, vestimentas, entre outros), novas análises biomecânicas dos movimentos (na natação, no ciclismo e na corrida), análises laboratoriais, aprimoramento dos aspectos nutricionais e psicológicos dos atletas, entre outros.

Assim como no ciclismo, no atletismo (pedestrianismo), na natação, nos esportes coletivos, e no Triathlon, o aprimoramento dessas áreas auxilia na melhoria da performance do atleta. E é o conhecimento dessas variáveis que possibilita a um atleta atingir o seu mais alto nível de performance para se tornar o campeão.

No Triathlon, na tentativa de identificar a melhor estratégia empregada durante a etapa do ciclismo para que se tenha uma boa performance na corrida subsequente, muitos estudos científicos estão sendo desenvolvidos na área da biomecânica, aerodinâmica, da tecnologia em equipamentos (materiais empregados), geometria da bicicleta, fisiologia e anatomia dos atletas, princípios de treinamento, estratégias de prova, entre outros.

Sendo assim, este estudo tem como o principal objetivo analisar algumas variáveis que atuam diretamente no ciclismo (segunda etapa do

triathlon), possibilitando, com isso, identificar o equipamento mais adequado, o melhor estilo e biomecânica da pedalada e o melhor posicionamento do atleta na bicicleta, para que o atleta possa atingir um ótimo desempenho nesta etapa, mas de forma econômica. Preservando-se ao máximo do desgaste físico e psicológico a que estará submetido.

Uma vez que, realizará, na seqüência, a terceira e última etapa do Triathlon (a corrida a pé). Etapa, esta, de maior desgaste físico e psicológico da prova e que em sua grande maioria, define o campeão.

Este trabalho se justifica devido a escassez de pesquisa científicas, no Brasil, a respeito deste novo esporte. E pela importância da etapa de ciclismo na performance do triatleta (que muitas vezes se é negligenciada pelo atleta e técnico). Importância esta por ser a etapa de maior duração e por a que antecede a etapa de corrida a pé.

Este trabalho será realizado através de revisão bibliográfica dos assuntos abordados (ciclismo, corrida a pé, triathlon). E como já relatado anteriormente, devido o pouco tempo de existência há uma escassez de referências nacionais, sendo assim, essa revisão se baseará em de artigo científicos, revistas e sites especializados e livros de autores estrangeiros.

CAPÍTULO 1

1 - TRIATHLON

O Triathlon¹ é um esporte composto por outras três modalidades esportivas: natação, ciclismo e a corrida a pé. Essas três modalidades devem ser executadas sucessivamente nesta sequência.

Existem algumas distâncias consideradas oficiais pelas entidades oficiais - ITU (International Triathlon Union) e WTC (World Triathlon Corporation).

DISTÂNCIAS DAS PROVAS DE TRIATHLON

- **Short Triathlon** (ou **Sprint Triathlon**): 750 metros de natação, 20 quilômetros ciclismo e 5 quilômetros de corrida.
- **Triathlon Olímpico**: 1,5 quilômetros de natação, 40 quilômetros de ciclismo e 10 quilômetros de corrida.
- **Longa Distância**: 4 quilômetros de natação, 120 quilômetros de ciclismo e 30 quilômetros de corrida.
- **Meio Ironman**: 1,9 quilômetros de natação, 90 quilômetros de ciclismo e 21 quilômetros de corrida.
- **Ironman**: 3,8 quilômetros de natação, 180 quilômetros de ciclismo e 42,195 quilômetros de corrida.

Tabela 1: Distâncias das Provas oficiais de Triathlon.

TEMPO DAS PROVAS DE TRIATHLON HOMENS E MULHERES

¹ Triathlon: As informações contidas no primeiro capítulo foram extraídas dos Web sites oficiais da ITU, WTC e CBTri.

TEMPO MÉDIO DE FINALIZAÇÃO DAS PROVAS DOS ATELTA ELITE MASCULINO – Profissionais				
	<i>Natação</i>	<i>Ciclismo</i>	<i>Corrida</i>	<i>Tempo Final</i>
Short Triathlon	9 minutos	30 minutos	16 minutos	55 minutos
Triathlon Olímpico	20 minutos	55 minutos	30 minutos	1h 45 minutos
Long Distance	55 minutos	3 horas	1h 50 minutos	5h 45 minutos
Meio Ironman	25 minutos	2h10 minutos	1h 20 minutos	3h 55 minutos
Ironman	50 minutos	4h 40 minutos	2h 50 minutos	8h 20 minutos

Tabela 2: Tempos das provas Masculinas.

TEMPO MÉDIO DE FINALIZAÇÃO DAS PROVAS DOS ATELTA ELITE FEMININA – Profissionais				
	<i>Natação</i>	<i>Ciclismo</i>	<i>Corrida</i>	<i>Tempo Final</i>
Short Triathlon	10 minutos	35 minutos	20 minutos	1h 05 minutos
Triathlon Olímpico	20 minutos	1h 05 minutos	35 minutos	2 horas
Long Distance	1 hora	3h 35 minutos	2h 15 minutos	6h 40 minutos
Meio Ironman	25 minutos	2h 40 minutos	1h 35 minutos	4h 40 minutos
Ironman	50 minutos	5h 10 minutos	3 h 10 minutos	9h 20 minutos

Tabela 3: Tempo das provas femininas.

As provas de Short Triathlon foram introduzidas com o intuito de aumentar o número de participantes, por ser esta é a prova mais curta e também a mais rápida do triathlon. Pois, foi sempre visto como sendo um esporte de grandes desafios, onde apenas os mais aptos fisicamente e psicologicamente seriam capazes de realizá-lo.

Por não necessitarem de um número grande de staffs (pessoas, da organização do evento, responsáveis pelo suporte do atleta), as provas de Short Triathlon são as mais organizadas para os atletas amadores. Já os triatletas profissionais apenas competem em distâncias mais longas.

O Triathlon Olímpico é a prova oficial do ITU, a qual organiza a World Cup (Copa do Mundo de Triathlon), com 13 etapas que ocorrem de abril a novembro, nos países do Japão, México, Ilha da Madeira, Coreia, Canadá, Inglaterra, Hungria, Alemanha, Espanha e Brasil.

São ao todo 182 atletas profissionais (entre homens e mulheres) rankiados nas provas Olímpicas da ITU, dentre eles, 6 triatletas brasileiros (masculino e feminino). Fora a World Cup, a ITU é responsável por mais de 70 competições espalhadas por todo o mundo.

É também responsável pelas provas de Long Distance Triathlon World Championships (Campeonato Mundial de Triathlon de Longa Distância).

A somatória de pontos conquistados nas etapas do World Cup, é critério de ranking utilizado pela ITU, sendo que no final do circuito o atleta que obtiver a maior soma de pontos será o Campeão Mundial de Triathlon (profissional masculino e profissional feminino).

Esta distância também é válida para as provas oficiais da CBTri (Confederação Brasileira de Triathlon), do Pan-americano, do Sul-americano e das Olimpíadas.

PONTUAÇÃO

1° Colocado – 100 pontos	11° Colocado – 15 pontos
2° Colocado – 75 pontos	12° Colocado – 13 pontos
3° Colocado – 55 pontos	13° Colocado – 11 pontos
4° Colocado – 40 pontos	14° Colocado – 9 pontos
5° Colocado – 30 pontos	15° Colocado – 7 pontos
6° Colocado – 25 pontos	16° Colocado – 5 pontos
7° Colocado – 23 pontos	17° Colocado – 4 pontos
8° Colocado – 21 pontos	18° Colocado – 3 pontos
9° Colocado – 19 pontos	19° Colocado – 2 pontos
10° Colocado – 17 pontos	20° Colocado – 1 ponto

Tabela 4: Pontuação utilizada pela ITU

Fonte: ITU – International Triathlon Union

As provas oficiais de Meio Ironman e Ironman são de responsabilidade da WTC. Todas essas provas são competições classificatórias para o Ironman Triathlon World Championship, que ocorre desde de 1978 no Hawaii, e hoje realizada em Kailua-Kona, na Big Island, e ocorre a lua cheia do mês de outubro.

Existem no mundo 25 competições classificatórias para essa prova, que classificam os atletas divididos em categorias, com um número limitado de participantes.

Cada prova *Qualifie* tem um numero limitado de vagas (em uma média de 50 a 75 vagas por prova) que são distribuídas seguindo o critério de número de atletas inscritos por categoria, isso é, categorias que possuem mais atletas inscritos recebem um maior número de vagas. Este critério existe, pois apenas os primeiros colocados de cada categoria (indiferentemente do tempo final de prova) são os que se classificam.

Relação das provas de Ironman e Meio Ironman classificatórias para o Ironman Triathlon World Championship

- Ironman Wisconsin Triathlon
- Janus Ironman Florida Triathlon
- Ironman Western Australia
- Ralphs Ironman California Triathlon
- Spec-Savers Half Ironman South Africa
- Snap Ironman Australian Triathlon
- Ironman Arizona
- Half Ironman St. Croix
- Lanzarote Canarias Ironman
- Triathlon Ironman Japan
- Florida Half-Ironman Triathlon
- Brasil Telecom Ironman Triathlon Florianopolis
- Honu Triathlon on the Big Island
- EagleMan Half Ironman Triathlon
- Ironman France Triathlon
- Buffalo Springs Half Ironman Triathlon
- Ironman USA Coeur d'Alene Triathlon
- Kärnten Ironman Austria Triathlon
- Opel Ironman Germany Triathlon
- Ironman Switzerland Triathlon
- Ironman Lake Placid
- Half Vineman Triathlon
- Half Ironman Germany Berlin
- Half Ironman UK Triathlon
- Subaru Ironman Canada Triathlon
- Ironman Korea Triathlon
- Half Ironman Monaco

Todas as provas são divididas por categorias, seguindo o critério da idade (masculino e feminino):

- **INFANTIL** - De 8 a 13 anos (8 a 9 anos, 10 a 11 anos e 12 a 13 anos).
- **INFANTOJUVENIL** - de 14 a 15 anos.
- **ADULTO** - 16 anos e acima (16 a 17 anos, 18 a 19 anos, 20 a 24 anos, 25 a 29 anos, 30 a 34 anos, 35 a 39 anos, 40 a 44 anos, 45 a 49 anos, 50 a 54 anos, 55 a 59 anos, 60 a 64 anos, 65 a 69 anos, acima de 69 anos).
- **JUNIOR** – de 18 a 19 anos.
- **ELITE** – 20 anos e acima.

Fonte: Site oficial da CBTri.

1.1 - HISTÓRIA

O Triathlon é um esporte muito recente, principalmente quando comparado com as outras três modalidades que o compõem: natação, ciclismo e corrida, que tiveram suas origens (como esportes competitivos, com as características que conhecemos atualmente) em: natação 1837 na Inglaterra, ciclismo: 1855 com o Francês Ernest Michaux sendo que a primeira competição foi em 1867 entre Paris e Rouen e a corrida: os principais registros apontam que as primeiras provas ocorreram nos primeiros Jogos Olímpicos da era Moderna em 1896 na Grécia.

A primeira prova que se tem registro de triathlon ocorreu em 25 de Setembro de 1974, no clube de corredores San Diego Track Club, em Mission Bay, San Diego, Califórnia - EUA, e foi composta por uma etapa de 2,8 milhas (aproximadamente 4,5 quilômetros) de corrida, 5 milhas (8 quilômetros) de ciclismo e 500 jardas (800 metros) de natação.

Após diversas modificações, em 1982 foi idealizado para os Jogos Olímpicos de Los Angeles (1984) o Triathlon Olímpico, nas distâncias de 1500 metros de natação, 40 quilômetros de ciclismo e 10 quilômetros de corrida (distâncias que representariam as maiores em provas olímpicas de cada modalidade, sendo 1500m nado livre, 40 quilômetros ciclismo contra relógio e 10 quilômetros corrida de pista).

Mas, por motivos políticos, a estréia do Triathlon como prova Olímpica se prorrogou por 16 anos.

No final da década de 80, em 1986, houve a criação do Short Triathlon (ou Sprint Triathlon). Por ser uma prova com a metade da distância do Triathlon Olímpico, com 750 metros de natação, 20 quilômetros ciclismo e 5 quilômetros corrida, esta prova ganhou muitos praticantes e ajudou, assim, na popularização do esporte.

Em março de 1989 na cidade de Avignon, França, foi fundada a ITU - Internacional Triathlon Union - entidade administrativa de âmbito mundial responsável pela World Cup (Olympic Distance Triathlon). Atualmente, têm como presidente o canadense Les McDonald.

Em 1994, no Congresso do Comitê Olímpico Internacional em Paris, o Triathlon recebeu o Status de Esporte Olímpico tendo sua primeira participação oficial no XXVII Jogos Olímpicos de Sydney, Austrália (2000).

A prova feminina foi a competição de abertura dos jogos de 2000, sendo acompanhada por mais de 300.000 espectadores nas ruas de Sydney e por mais de 3.500.000.000 de telespectadores por todo o mundo.

1.2 TRIATHLON NO BRASIL

O triathlon chegou no Brasil apenas em 1981 com o jornalista americano naturalizado brasileiro Yllen Kerr.

A primeira prova foi disputada no Rio de Janeiro, em 7 de fevereiro de 1982 e foi chamada de “Corrida Alegre 82”, nas distâncias de 950 metros de natação, 7,5 quilômetros de corrida e por fim 15 quilômetros de ciclismo.

Mas apenas em 1983 que os brasileiros realmente conheceram esse novo esporte. Novamente no Rio de Janeiro, outra prova foi disputada, porém agora com a seqüência atual e nas distâncias de 1000 metros de natação, 43 quilômetros de ciclismo e 11 quilômetros de corrida. Assim, foi realizado I Triathlon do Rio de Janeiro/ Brasil e teve a cobertura total da mídia.

Após essa divulgação, muitas outras provas foram realizadas em todo o Brasil. Em 1985, 40 provas ao todo foram disputadas aqui e uma seletiva de 12 etapas foi criada para que o vencedor recebesse uma passagem para o Ironman do Hawaii. Essa seletiva foi a responsável pela oficialização da distância olímpica no Brasil.

Com a finalidade de atrair mais praticantes, em 1986 o Short Triathlon chegou no Brasil e em 88, surgiram as federações do Rio de Janeiro e de São Paulo. Dois anos depois, surge a Associação Carioca de Triathlon (ACTRI) e a Associação dos triatletas de Niterói (ATN).

1991 foi o ano da criação das federações de Triathlon de Brasília e da Bahia e da fundação, com sede em Brasília, da Confederação Brasileira de Triathlon (CBTri) e da União de Triathlon Feminino.

A CBTri teve como primeiro presidente o baiano João Calazans Filho, que a comandou até 1998, quando o capixaba Carlos Froés passou a presidir-la. Atualmente, sua sede está na cidade de Vila Velha, Espírito Santo e conta ao todo com 16 federações.

FEDERAÇÕES DE TRIATHLON NO BRASIL
--

CBTRI	Confederação Brasileira de Triathlon
FALTRI	Federação Alagoana de Triathlon
FEBATRI	Federação Bahiana de Triathlon
FTB	Federação de Triatlo Brasiliense
FETRIECE	Federação de Triathlon do Estado do Ceará
FECATRI	Federação Capixaba de Triathlon
FEGOTRI	Federação Goiana de Triathlon
FMTri	Federação Mineira de Triathlon
FPATRI	Federação Paraense de Triathlon
FETRIP	Federação de Triathlon da Paraíba
F.P.TRI	Federação Paranaense de Triathlon
FTERJ	Federação de Triathlon do Estado do Rio de Janeiro
FPTri	Federação Paulista de Triathlon
FGTri	Federação Gaúcha de Triathlon
FETRISC	Federação de Triathlon de Santa Catarina
FTTri	Federação Tocantinense de Triathlon
FEMATri	Federação Maranhense de Triathlon

Tabela 5: Relação de Federação de Triathlon no Brasil.

Fonte: CRTri – Confederação Brasileira de Triathlon.

1.3 - IRONMAN

O Ironman surgiu no Hawaii em 1978 durante a cerimônia de premiação de uma prova de pedestrianismo da cidade de Honolulu na ilha de Oahu, onde

os competidores discutiam quem seriam os mais aptos fisicamente – corredores, nadadores ou outros atletas.

Ao tentar resolver o dilema, um dos competidores, o Comandante da Marinha Americana Jonh Collins, propôs que o atleta mais apto fisicamente seria aquele que completasse sucessivamente as três grandes provas que já existentes no Hawaii: prova de natação de Waikiki Roughwater Swim (2,4 milhas ou 3,8 quilômetros), a prova de ciclismo de Around-Oahu Bike Race (112 milhas – 180 quilômetros, originalmente uma competição de dois dias) e a maratona Honolulu Marathon (26,2 milhas - 42,195 quilômetros).

Segundo Collins: *“Quem terminá-la primeiro, será chamado de Ironman”*.

O primeiro evento ocorreu em fevereiro de 1978 com a participação de 15 competidores, sendo que, apenas 12 deles completaram a prova e tendo como primeiro colocado o motorista de táxi Gordon Haller com o tempo de 11 horas, 46 minutos e 58 segundos.

No ano seguinte, o Ironman ganhou popularidade e se não fosse pelo clima ruim, 50 competidores teriam participado da prova, mas novamente, apenas 15 competiram. Aquele ano foi marcado pela presença da primeira *“Ironwoman”*, Lyn Lemarie, que chegou em quinto lugar no geral e pela primeira grande cobertura de uma revista especializada em esportes, a revista Sport Illustrated.

Em 1980, Collins concedeu a ABC’s “Wide World Sports” a permissão de filmar a competição, mas devido a sua transferência, muito comum entre os militares, ele cedeu os direitos da prova para os donos de um Heath Club.

Na prova seguinte, uma das donas do Heath Club, decidiu mudar a prova de localidade e a transferiu para os campos de lava de Kailua-Kona na Big Island do Hawaii. Essa mudança, acabou gerando um dos marcos do Ironman: *a luta do homem versus a natureza*.

Em 1982, foram organizadas duas provas, sendo a primeira em fevereiro, marcada pela presença de 560 competidores, pelo patrocínio da Bud Light e pela memorável chegada de Julie Moss, estudante que metros antes da chegada desabou fatigada e desidratada, mas mesmo perdendo a primeira

colocação para Kathleen McCartney, superou seus limites para conseguir completar a prova.

Sua coragem e determinação inspirou milhões de pessoas e mostrou que apenas terminar um Ironman já era uma vitória.

Em outubro ocorreu a segunda prova do ano (data esta que perdura até os dias de hoje), e é lembrada pela instituição de um tempo limite para concluir a prova: 18 horas e 30 minutos.

Na competição de 1983, houve a mudança no tempo limite de conclusão da competição, que passou a ser de 17 horas (tempo este que perdura até os dias de hoje). Em maio desse ano, foi organizado em Los Angeles o primeiro Ironman fora do Hawaii, o Ricoh Ironman U.S. Championship, em que os vencedores (homens e mulheres), foram selecionados para participar da competição no Hawaii.

1985 foi marcada pela popularização do evento, onde participantes de 34 países completaram a prova, sendo vencida pelo americano Scott Tinley com o tempo recorde de 8 horas 50 minutos e 54 segundos. Foi ele quem usou pela primeira vez, em sua bicicleta, componentes aerodinâmicos como *aerobars*² e pedaleiras³.

Este evento também foi marcado pelas primeiras provas classificatórias para o Ironman Triathlon World Championship fora dos Estados Unidos, nos países da Nova Zelândia e do Japão.

Um ano depois, além da criação de outra prova classificatória, agora no Canadá, houve a primeira premiação em dinheiro para os vencedores, no total de 100.000 dólares. Mostrando definitivamente que o Ironman era o triathlon mais importante no mundo.

A criação do World Triathlon Corporation e Ironman Foundation, em 1990, pelo Dr. Jim Gills, contou com 1.379 competidores. Enquanto que, na prova havaiana de 1991, foi fechado um contrato de 5 anos de patrocínio com a Gatorade e a transmissão do evento pela emissora americana NBC Sports.

² *Aerobars*: Peça onde se tem, em um único conjunto, guidão e *clip*. Resultando na melhora aerodinâmica da bicicleta e do posicionamento do atleta.

³ Pedaleiras: Pedais com fixação dos pés.

Com David Yates na presidência do World Triathlon Corporation e Sharron Ackles assumindo o cargo de Diretora Geral do Ironman, a prova do Hawaii de 1992 encontrou o formato que apresenta até hoje, sofrendo apenas algumas modificações no percurso e em alguns pontos das regras nos últimos três anos.

Em 2000, foi criado o web site oficial do World Triathlon Corporation (WTC) na internet, onde se encontram informações detalhadas sobre as 25 provas

Este ano, a prova contará com 2.000 inscritos, divididos por categorias, de 50 países diferentes que serão auxiliados por 5.500 voluntários (staffs) e serão assistidos, pela televisão, por mais de 50.000.000 pessoas por todo o mundo, com premiação total de 430.000 dólares distribuídos entre os primeiros colocados profissionais.

1.4 - A PROVA

A Largada: Para cada prova pode existir um tipo de largada, ou seja, em provas mais curtas (Short ou Olímpico) ela é realizada por categoria e sexo e conforme o numero de atletas, pode-se juntar categorias e realizar uma largada em comum. Nas provas de longa duração (Meio Ironman e Ironman), todos os atletas (amadores e profissionais) largam juntos.

A LARGADA

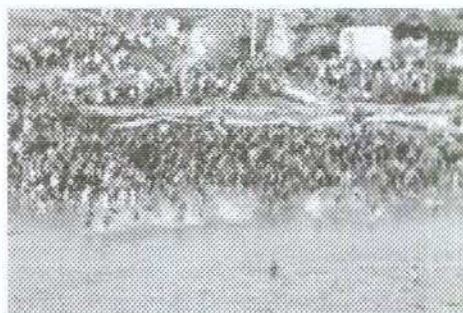


Figura 1: Largada - Ironman Brasil 2003

Essas largadas podem ocorrer de dentro da água (mar, lago, etc) ou de fora (praia, plataforma, etc).

A Transição: Existe também uma diferença entre as provas curtas e as longas.

Nas curtas, o atleta deve deixar todo seu material (tanto de ciclismo quanto de corrida) junto de sua bicicleta que se encontrará no cavalete (local onde se apóiam as bicicletas na área de transição).

Ao finalizar a etapa de natação, o atleta deve se dirigir a sua bicicleta na área de transição para se trocar, deixando o seu material de natação e vestindo o seu material de ciclismo (camiseta, sapatilhas, capacete, etc). Finalizando também esta etapa, o atleta deve retornar com sua bicicleta no mesmo local em que a retirou (cavalete) e se trocar, deixando, agora, seu material de ciclismo e vestindo o material de corrida (tênis, boné, etc).

Nas provas mais longas, ao invés dos atletas se trocarem junto a suas bicicletas, eles o fazem em locais apropriados (tendas de troca). Assim, devem deixar todo o seu material (tanto de ciclismo quanto de corrida) em sacolas que são numeradas (com os números dos próprios atletas) para sua identificação.

Ao terminarem a natação e posteriormente o ciclismo, os atletas devem localizar suas sacolas nos locais determinados e se encaminhar para as tendas de troca.

Todas as etapas do triathlon devem ser realizadas seqüencialmente e possuem tempos limites para serem completadas, uma vez que o atleta não a complete no tempo pré-determinado, ele será desclassificado.

A natação: Dependendo do local da prova, será realizada no mar, em lagos ou represas. Podem conter uma ou mais voltas, onde os atletas deveram contornar todas as bóias que demarcam o percurso, sendo que, no caso de duas voltas ou mais, os atletas deveram sair da água e contornar a bóia de retorno.

NATAÇÃO



Figura 2: Natação - Ironman Hawaii 2001

O ciclismo: É realizado em ruas, avenidas e estradas. Dependendo do local, pode ser em forma de circuito (com diversas voltas) ou apenas em uma. Em provas da CBTri e ITU o vácuo⁴ é liberado. Em provas da WTC o vácuo não é liberado e o atleta que se utilizar desse artifício será penalizado e poderá ser punido e desclassificado da competição.

A liberação do vácuo em provas curtas foi adotada recentemente e tem contribuído muito na mudança das características dos treinamentos, estratégias de prova e performance dos atletas. Pois os triatletas passaram a se dedicar mais aos treinos de natação e de corrida, uma vez que, por causa do vácuo, o esforço do atleta durante o ciclismo se tornou menor (Dantas, 2000).

A CICLISMO



Figura 3: Ciclismo - Ironman Hawaii 2002

A corrida: A última etapa do triathlon também pode ser realizada nas ruas e avenidas, onde atleta deverá percorrer todo o percurso demarcado sem

⁴ Vácuo; termo usado para designar a técnica de pedalar aproveitando a quebra de resistência do ar induzida pelo ciclista que está logo a frente, formando assim blocos de ciclistas pedalando juntos (Dantas, 2000).

ajuda externa salvo dos staffs da organização. O *pacing*⁵ não é permitido em competição alguma.

A CORRIDA DA CHEGADA

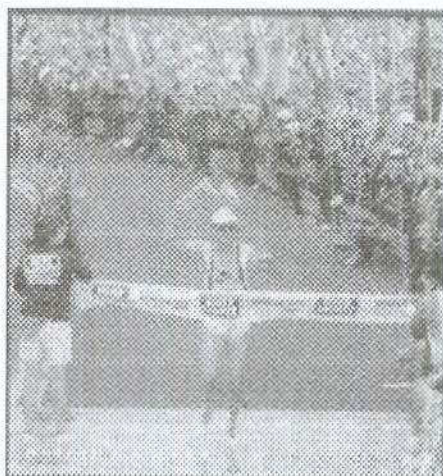


Figura 4: Chegada -
Ironman Hawaii 1995

As punições: Serão feitas pelos fiscais da prova (árbitros) que apresentaram os cartões amarelos (advertência) e vermelho (desclassificação) para o atleta infrator.

Em algumas provas, como no Ironman, a punição do cartão amarelo consiste em um desmonte da bicicleta (descer da bicicleta e colocar os dois pés no chão) no local da punição e depois uma parada obrigatória na área de transição por três minutos.

⁵ *Pacing*: Suporte ou acompanhamento do atleta realizado por pessoas não autorizadas (amigos, familiares ou técnicos).

CAPÍTULO 2

2 – BICICLETAS

Nos últimos anos, o triathlon teve um avanço tecnológico e científico muito grande. Muitas pesquisas científicas são desenvolvidas na tentativa de otimizar a performance do atleta, seja através de novos métodos de treinamento, de materiais esportivos por eles utilizados, ou ainda, por pesquisas nas áreas da fisiologia do esforço, psicologia esportiva e nutrição esportiva.

Esses avanços são evidenciados quando analisamos a evolução dos componentes e das bicicletas utilizadas pelos triatletas. Como podemos notar através das figuras a seguir, as bicicletas mudaram muito desde de o primeiro Ironman disputado em 1978 e o de hoje.

AS PRIMEIRAS BICICLETAS (DE ESTRADA) USADAS POR TRIATLETAS



Figura 5: Julie Moss Ironman Hawaii, 1985.

AS BICICLETAS (DE TRIATHLON) USADAS POR TRIATLETAS ATUALMENTE

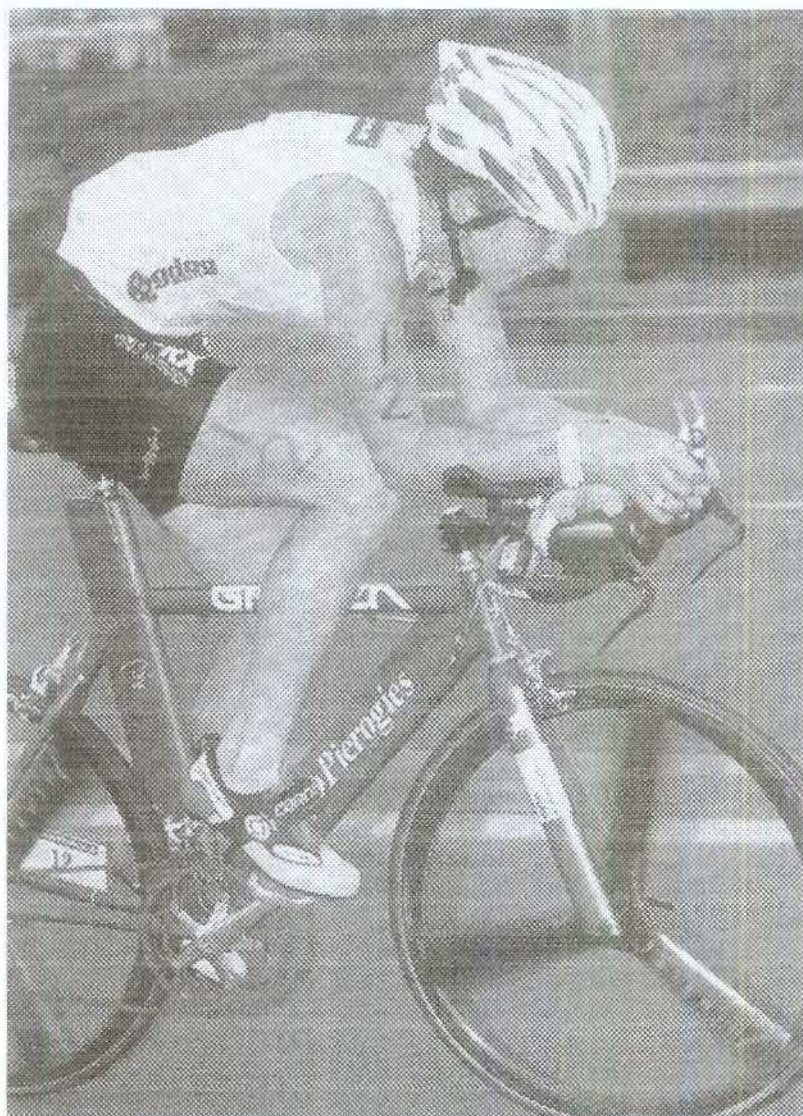


Figura 6 : Paula Newby-Fraser Ironman Ásia 2000.

Essa evolução tem ocorrido principalmente no ciclismo, pois é nesta modalidade que os triatletas sofrem as maiores interferências do meio externo. Além de representar a maior parte da prova (em tempo), o desempenho do atleta pode ser influenciado diretamente pelas condições climáticas (vento, chuva), por possíveis falhas mecânicas (pneu furado, peça quebrada), pelo posicionamento do atleta na bicicleta e pelos tipos de componentes utilizados.

Neste capítulo, estaremos analisando os tipos de bicicletas utilizadas pelos triatletas, tendo como objetivo, identificar qual é a melhor a ser utilizada, visando, também, uma boa performance na corrida.

Basicamente existem dois tipos de bicicletas utilizadas por eles nas provas de triathlon: as bicicletas de triathlon e as bicicletas de estrada. Sendo que, as de triathlon foram desenvolvidas e projetadas especificamente para essa modalidade e as de estrada para os ciclistas, com exceção das provas de ciclismo de contra relógio⁶, em que as bicicletas utilizadas são semelhantes as de triathlon.

Como mencionado no Capítulo 1, devido à liberação do vácuo nas provas de Short Triathlon e Triathlon Olímpico, essas provas se tornaram semelhantes às de ciclismo, onde grandes grupos de atletas pedalam juntos minimizando, então, a resistência do ar (Dantas, 2000 e Demerley, 2000).

Isso fez com que certas regras fossem impostas pela ITU, que passaram a não permitir que as bicicletas possuíssem *clips*⁷ ou *aerobars* (figura 7) que ultrapassagem 14 centímetros do eixo da roda dianteira, por serem equipamentos considerados perigosos para serem utilizados em pelotões⁸ devido a relativa perda de controle que provocam na bicicleta.

CLIP - AEROBAR – GUIDÃO – GUIDÃO E CLIP



Clip (modelo: Syntace C2)



Aerobar (modelo: Profile Carbon X)



Guidão Clássico Ciclismo
(modelo: Easton EC90)



Guidão Clássico Ciclismo com
Clip (modelo: Profile Airstrike)

⁶ Provas de contra relógio: modalidade em que os ciclistas devem percorrer uma determinada distância sozinho.

⁷ Clips: Peça presa ao guidon que permite o atleta apoiar seus braços, assumindo, com isso, uma posição aerodinâmica e mais confortável.

⁸ Pelotões: Grupo de ciclistas pedalando juntos (em situação de vácuo).

Figura 7 : Clip, Aerobar, Guidão Clássico de ciclismo e Guidão Clássico com Clip.

Devido à posição assumida pelo atleta quando ele se encontra pedalando no *clip* (cotovelos apoiados nos *pads*⁹ e mãos no prolongamento do *clips* e *shifters*¹⁰), possíveis movimentos rápidos, como, por exemplo, de mudanças inesperadas de direção para evitar uma queda ou acidente são difíceis de serem realizados (Demerley, 2000).

Por esses motivos, os atletas de provas curtas, têm optado pelo uso de bicicletas de estrada. Em contra partida, em provas longas, como Ironmans, existe a predominância no uso de bicicletas de triathlon (Cobb, 1999), pois como veremos a seguir, tais bicicletas permitem uma melhor aerodinâmica, um melhor conforto e melhor eficiência na pedalada, uma vez que são projetadas para provas sem vácuo.

Antes de analisarmos suas diferenças geométricas e seus efeitos, devemos conhecer a terminologia usada para designar cada parte de um quadro¹¹ de bicicleta.

⁹ Pads ou Rest Bars: Região almofadada dos *clips* ou *aerobars* própria para apoiar os cotovelos.

¹⁰ Shifters: Alavanca de câmbio que se localiza na ponta da clip.

¹¹ Quadro: Estrutura da bicicleta sem os componentes rodas, selim, guindon, garfo, peças, etc.

ANATOMIA DE UMA BICICLETA

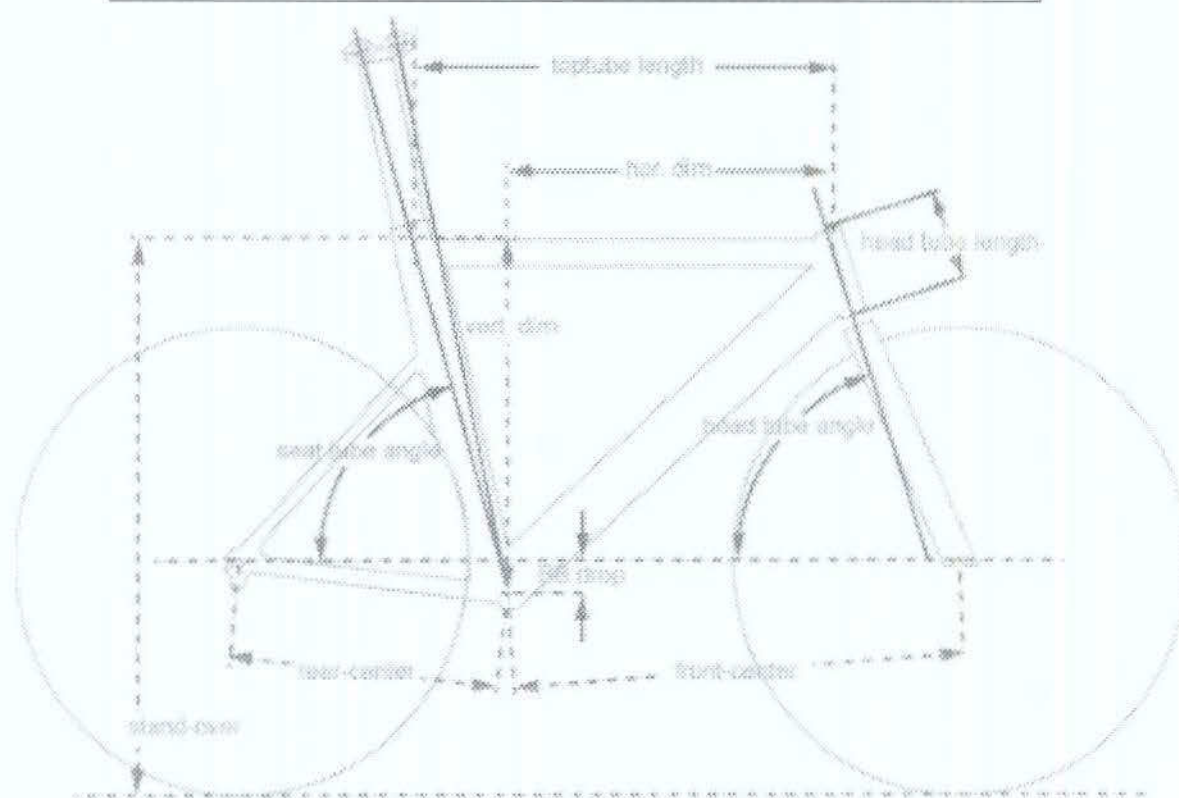


Figura 8 : Terminologia básica de um quadro de bicicleta.
Fonte: Disponível em: www.cervelo.com

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA BICICLETA

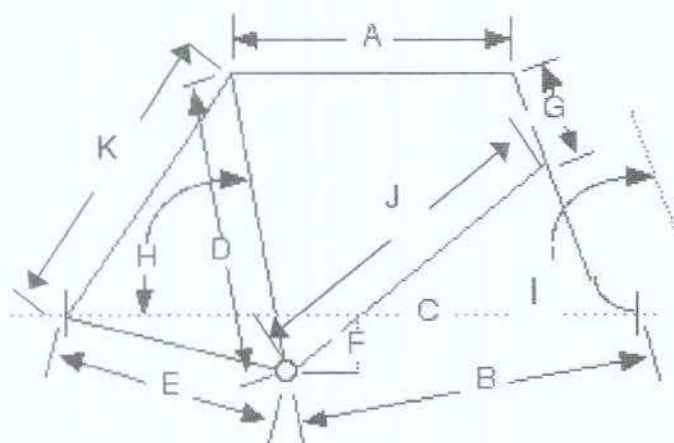


Figura 9: Representação esquemática da Figura 8.

- A. Top Tube
- B. Front-Center
- C. Wheelbase
- D. Seat Tube
- E. Rear-Center
- F. BB Drop (Bottom Bracket Drop)
- G. Head Tube
- H. Seat Tube Angle
- I. Head Tube Angle
- J. Down Tube
- K. Seat Stays

Legenda da Figura 9.

2.1 – DEFINIÇÕES

- A. **Top Tube** (*Top Tube Length*): comprimento do *Top Tube* ou o comprimento do quadro.
- B. **Front-Center**: comprimento entre o movimento central e o eixo da roda dianteira.
- C. **Wheelbase**: Distância entre o eixo da roda traseira e o eixo da roda dianteira.
- D. **Seat Tube** (*Seat Tube Length*): comprimento do *Seat Tube* ou altura do quadro.
- E. **Rear-Center**: comprimento entre o movimento central e o eixo da roda traseira.
- F. **BB Drop** (*Bottom Bracket Drop*): distância da qual o *Bottom Bracket* (movimento central) se encontra abaixo da linha do *WheelBase* (linha entre os eixos).
- G. **Head Tube** (*Head Tube Length*): tamanho do *Head Tube*.
- H. **Seat Tube Angle**: ângulo do *Seat Tube* formado com a linha do *WheelBase*.
- I. **Head Tube Angle**: ângulo do *Head Tube* formado com a linha do *Wheelbase*.
- J. **Down Tube**: Tubo que liga do movimento central (*BB*) ao *Head Tube*.
- K. **Seat Stays** (*Seat Stays Length*): comprimento do *Seat Stays*.

(Empfield, 2002).

2.2 - DIFERENÇAS

A figura 10 mostra, esquematicamente, as principais diferenças geométricas entre os quadros das bicicletas de triathlon e de estrada, respectivamente (Demerley, 2000).

PRINCIPAIS DIFERENÇAS

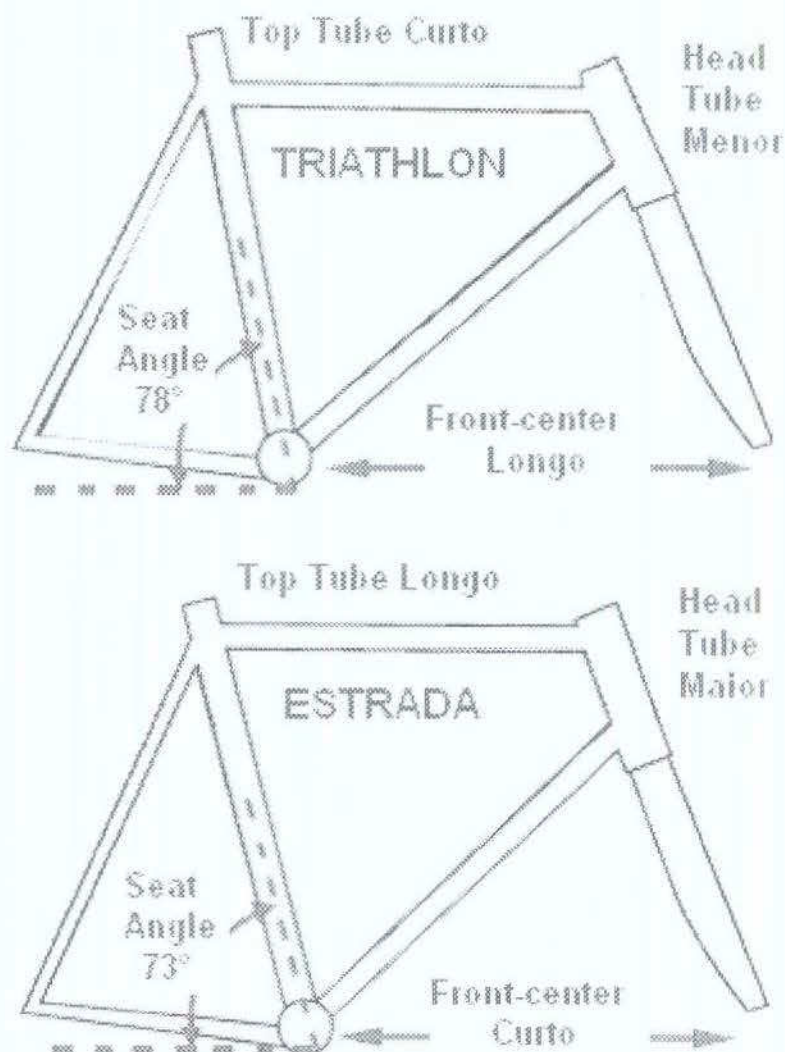


Figura 10: Diferença entre a geometria dos quadros das bicicletas de triathlon e estrada.

Na bicicleta de triathlon, o ângulo do *Seat Tube* é maior (entre 76° a 78°) e conseqüentemente o tamanho do *Top Tube* mais curto para que, com isso, o atleta possa posicionar seu corpo mais na parte da frente da bicicleta, assumindo assim, um posicionamento mais aerodinâmico (Empfield, 2002).

Para contribuir com esse posicionamento que, como vemos no capítulo 3, deve possibilitar a formação de um ângulo de 90° entre membros inferiores e o tronco, 90° entre tronco e membros superiores e um ângulo de 90° ou mais entre o braço e antebraço (Empfield, 2003), essas bicicletas têm um *Head Tube* menor, ou seja, diminuindo a tamanho do *Head Tube*, o atleta pode

posicionar seus braços sobre o *aerobar* a uma altura relativamente mais próxima do chão, mantendo, assim, seu o tronco mais paralelo ao chão.

Como apontado por Empfield, 2002, um dos aspectos negativos dessa posição é a perda de controle ou dirigibilidade por projetar o corpo do atleta mais para frente, fazendo com que grande parte de seu peso seja deslocado sobre o eixo da roda dianteiro e mudando o centro de gravidade do conjunto atleta/bicicleta.

A diminuição do *Top Tube* fez com que o tamanho do *Front-Center* e do ângulo do *Head Tube* aumentassem. Um aumento no ângulo do *Seat Tube* somado a essas modificações resultaram em um posicionamento do *Bottom Bracket* (movimento central) mais para trás, diminuindo, então, o tamanho do *Rear-Center* uma vez que a distância entre os eixos das rodas (*Wheelbase*) não sofre variação.

Na tentativa de amenizar a perda de dirigibilidade e aumento na aerodinâmica, essas bicicletas possuem um *Rear-Center* menor, possibilitando que o peso do atleta (o qual está mais posicionado sobre o eixo da roda dianteira), passe a ser mais distribuído entre as duas rodas (Empfield, 2002).

A diminuição desta distância fez com que o eixo da roda traseira ficasse mais próximo do atleta, e, conseqüentemente, deslocando seu centro de gravidade para trás, uma vez que o peso do atleta se encontra, novamente, mais sobre o triangulo traseiro (parte traseira da bicicleta).

Pois, segundo Empfield, 2002, para que se tenha uma melhor dirigibilidade (como ocorre com as bicicletas de estrada), o peso do atleta deve estar concentrado mais na parte traseira da bicicleta.

Existe ainda uma diferença no *Bottom Bracket Drop*. As bicicletas de triathlon possuem um *BB Drop* maior, ou seja, o movimento central se encontra mais próximo ao chão, o que resulta em uma redução na dirigibilidade, principalmente em curvas. Por outro lado, existe um ganho em sua estabilidade, pois o centro de gravidade do atleta/bicicleta se localiza, agora, mais próximo do chão .

A bicicleta de estrada, devido as diferenças de posicionamento do atleta, que pedala sempre com as mãos no guidão¹² (para melhor visualização, veja as figuras 5 e 7 neste capítulo), possuem o *Head Tube* maior.

Devido ao *Seat Tube Angle* ser menor (72° a 74°) em virtude das regras da UCI (Union Cycliste Internationale), que obrigam as bicicletas a terem essa geometria (Demerley, 2000), o *Top Tube* é mais longo. Conseqüentemente, o *Head Tube Angle* é menor, resultando em um *Front-Center* menor e um *Rear-Center* maior (Cobb, 1999).

Como mencionado previamente, a diferença entre o tamanho do *Rear-Center* e do *Front-Center* permite que as bicicletas de estrada tenham uma melhor dirigibilidade.

2.3 - DIFERENÇA NO FORMATO DOS QUADROS

Na tentativa de melhorar a aerodinâmica e conseqüentemente a performance dessas bicicletas, o material e o formato de seus tubos apresentam certas particularidades individuais.

Existem basicamente quatro tipos de materiais que são utilizados na confecção dos quadros dessas bicicletas (tanto de estrada quanto de triathlon). Cada um difere entre si em relação ao peso (densidade), resistência e rigidez do material (Brown, 2001 e Prasuhn e Bittenburg, 2001).

- **Cromo-molibdênio** (composto por ferro, cromo, molibdênio e níquel): Primeiro material utilizado na construção de quadros de bicicleta, ainda é muito utilizado devido sua rigidez (que resulta em uma absorção de impacto causado pelas irregularidades das ruas ou estradas), proporcionando ao atleta um maior conforto. O ponto negativo deste tipo de material é seu elevado peso. Tentativa de reduzi-lo, são projetados tubos com diâmetros reduzidos e pouca espessura.

¹² Guidão estilo Clássico de Ciclismo (figura 5 e 7): O atleta pode pedalar com 3 diferentes posicionamentos das mãos.

diâmetros maiores. Principal ponto negativo é a pouca resistência do material a muito estresse e a dificuldade em consertá-lo.

- **Titânio** (composto por titânio, alumínio e vanádio): Muitos dos construtores afirmam que esse é o melhor material para se construir bicicletas (Brown, 2001), devido a combinação equilibrada entre pouco peso, grande rigidez, resistência e durabilidade. Seus tubos apresentam grande diâmetro (maior que os tubos de cromo, mas menor que os de alumínio). O elevado preço e a dificuldade de reparos representam suas desvantagens.
- **Fibra de Carbono** (composto por carbono, rayon celulose, piche, poliácridonitrila e resina de epoxy): As bicicletas ou peças feitas com a fibra de carbono são as mais leves, mais rígidas e mais resistentes. Devido à facilidade de modelagem, os quadros de fibra de carbono podem apresentar diferentes formas e formatos. Sua relativa fragilidade é seu ponto negativo.

2.4 - O FORMATO DOS TUBOS

O formato dos quadros, espessura e diâmetro dos tubos e os tipos de materiais utilizados representam os fatores que determinam a qualidade da dirigibilidade de uma bicicleta e sua performance.

Como vimos, o diâmetro e a espessura dos tubos variam de acordo com o tipo de material utilizado, sendo que: cromo-molibdênio - espessura e diâmetro pequeno, alumínio - espessura fina e diâmetro grande, titânio -

- **Alumínio** (composto por cobre, manganês, magnésio, silício e alumínio): Atualmente, a maioria das bicicletas são construídas com alumínio, por ser um material muito leve devido a sua baixa densidade (1/3 da densidade do cromo-molibdênio) e na tentativa de melhorar sua resistência e rigidez, são utilizados tubos com

espessura pode variar em decorrência do diâmetro usado e fibra de carbono - geralmente apresentam espessuras finas e grandes diâmetros (Brown, 2001).

Garfo, *Head Tube*, guidão (*aerobars*, *clips*, guidão), *Seat Tube* são partes da bicicleta que merecem mais atenção em relação a possíveis perdas aerodinâmicas em virtude de sua forma utilizada. Basicamente, existem dois formatos de tubos: cilíndrico e oval (denominados, também, *aero*) (Blair, 2000).

A maioria dos construtores projetam seus quadros com *DownTube*, *Seat Tube* e *Top Tube* com formato oval (ou *aero*). Em relação ao *DownTube*, muitos acreditam que por estar em uma posição relativa de vácuo em virtude de sua localização (atrás da roda dianteira e de outros tubos) não necessita possuir um formato oval (Empfield, 2000).

Devemos destacar uma particularidade no *Seat Tube* de algumas bicicletas de triathlon que são projetados com formato *aero* e muitos apresentam ou um estreitamento ou uma curvatura em sua parte inferior (junção com o *Bottom Bracket*) devido ao posicionamento do roda traseira (diminuição do *Rear-Center*). Além disso, algumas bicicletas chegam a não possuírem *Seat Tube*.

DIFERENÇAS NOS FORMATOS DOS TUBOS DE BICICLETAS DE TRIATHLON E ESTRADA

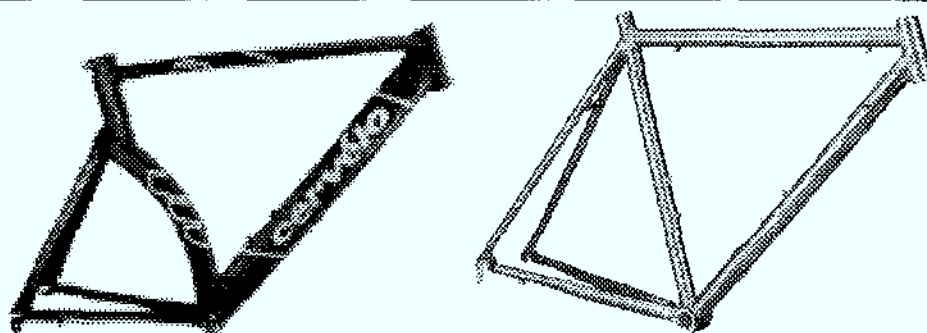


Figura 11: Bicicletas de Triathlon (direita) e Bicicletas de Estrada (esquerda).

Segundo Martin (1996), tubos com formatos aeross podem diminuir a força de resistência dinâmica¹³ em até 0.3 lb em relação à força de resistência dos tubos cilíndricos.

Segundo Cobb (2000) em um estudo desenvolvido no túnel de vento Texas A&M, testou diferentes formatos e tipos de tubos sendo: um cilíndrico de cromo-molibdênio diâmetro de 1-inch; um *aero* composto de alumínio e carbono diâmetro de 1.1/2 -inches, um Easton 700 série *aero tube* e um “pedaço” de aeronave de 8 centímetros de largura.

Na tentativa de tornar os resultados mais realistas possíveis, Cobb relacionou os dados obtidos com um teste de ciclismo de contra relógio de 40 quilômetros. Em que todos os teste foram realizados em condições iguais de vento, temperatura e potência do ciclista, para que, com isso, os dados obtidos representassem apenas as diferenças entre os tubos analisados.

Tempo respectivamente de cada tubo descrito:

1-	58:03	2-	58:08
3-	57:29	4-	57:25

Assim, podemos, com isso, concluir que existe uma melhora na performance do desempenho das bicicletas que possuem tubos com formatos ovais ou *aero*, com maior diâmetro e construído com matérias mais leves.

Podemos notar, então, que as bicicletas de triathlon por serem desenvolvidas e construídas com o intuito de se atingir o maior nível de performance possível, através de melhoras aerodinâmicas em seus quadros, componentes e posicionamento dos atletas, seus construtores têm optado por uma geometria composta por tubos ovais, com grande diâmetro, pouca espessura e matérias com peso reduzido (Kent, 2004 e Empfield, 2000).

Em contra partida, as bicicletas de estrada, por se preocuparem mais com a eficiência, o conforto e a dirigibilidade, são projetadas e desenvolvidas com uma geometria compostas também com tubos ovais, de pouca espessura, materiais com peso reduzido, porém com diâmetros menores.

¹³ Resistência dinâmica: a força causada pela ação dinâmica de um fluido que age na direção das correntes do fluxo do fluido. Uma força que torna mais lento o movimento de um corpo através de um fluido.

CAPÍTULO 3

3 - BIOMECÂNICA

Biomecânica pode ser definida como sendo o estudo do movimento de um sistema biológico através de princípios básicos da física mecânica. Pode incluir não apenas o estudo da cinemática envolvida no movimento, mas também o estudo da interação de um organismo com o ambiente (Too, 1990).

3.1 - BIOMECÂNICA DO CICLISMO

Tratando especificamente do ciclismo, podemos defini-la como o estudo da relação entre espaço, tempo, força, trabalho, potência e energia envolvidas no ciclismo e da interação entre ciclista, veículo e o meio ambiente (Too, 1990).

Diversos fatores biomecânicos podem influenciar a performance do ciclista, dentre eles, podemos destacar:

- Fatores relacionados ao meio ambiente.
- Fatores mecânicos internos.
- Fatores mecânicos externos.

Os dados a seguir representam o percentual de energia gasta pelos ciclistas para enfrentar as diversas variáveis a que são submetidos (Buchanan e Shorett, 2003).

PERCENTUAL DA ENERGIA TOTAL CONSUMIDA
--

- ⇒ Aerodinâmica do ciclista (posicionamento e ajuste) representa 50 % da energia total utilizada.
- ⇒ Aerodinâmica da bicicleta representa 15 % da energia total utilizada.
- ⇒ Rigidez e deformação vertical do quadro representa 15 % da energia total utilizada.

- ⇒ Resistência de Rolamento representa 10% da energia total utilizada.
- ⇒ Peso da Bicicleta representa 8% da energia total utilizada.
- ⇒ Mecânica, durabilidade e atrito representam 2-100% da energia total utilizada.
- ⇒ Geometria do Quadro e Dirigibilidade é incalculável.

PERCENTUAL DA ENERGIA TOTAL UTILIZADA: AERODINÂMICA CICLISTA E BICICLETA

- ⇒ Aerodinâmica total (aerodinâmica do ciclista e aerodinâmica da bicicleta) representa 100 % da aerodinâmica total.
 - Aerodinâmica do ciclista representa 75 % da aerodinâmica total.
 - Aerodinâmica da bicicleta representa 25 % da aerodinâmica total, sendo:
 - Rodas 7-11% da aerodinâmica total
 - Garfo 6-9% da aerodinâmica total
 - Quadro 4-9% da aerodinâmica total
 - Outros componentes 2-4% da aerodinâmica total

3.1.1 - FATORES RELACIONADOS AO MEIO AMBIENTE

3.1.1.1 - Gravidade

A força da gravidade atua continuamente sobre o conjunto ciclista/bicicleta, porém sua influência na performance será maior quando o atleta estiver percorrendo uma subida. Entretanto, quando estiver em uma descida, essa força passará a auxiliá-lo.

3.1.1.2 - ATRITO OU RESISTÊNCIA DE ROLAMENTO

As forças de atrito afetam os ciclistas através do tipo de terreno, irregularidades e dureza da área de contato entre roda e terreno, peso do conjunto ciclista/bicicleta, tipo de material das rodas e pneus, peso, diâmetro, calibragem e desenhos dos pneus e deformação do rolamento das rodas.

3.1.1.3 - RESISTÊNCIA DO AR

A resistência do ar (ou arrasto) é afetada pela densidade do ar (altitude, umidade e temperatura), velocidade do veículo, área lateral perpendicular à direção do movimento do ciclista/bicicleta e o coeficiente de resistência.

Mudanças na densidade do ar ou no coeficiente de resistência (decorrentes de alterações no tamanho da bicicleta, formato do quadro e tubos, uso de vestimentas aerodinâmicas, diferentes rodas, entre outros) e mudança na direção do vento em contato com a ciclista (frontal, lateral ou traseiro) podem resultar em alterações significativas na velocidade, no tempo e na performance do ciclista.

Sendo que ventos frontais interferem negativamente na performance, ventos laterais (dependendo do grau de contato) não interferem e o vento vindo da parte de trás do ciclista pode resultar em uma melhoria na performance.

A energia necessária para deslocar o conjunto ciclista/bicicleta através do ar, representa 85% da energia total gasta.

- Energia de Resistência de Rolamento gasta representa de 5 a 15% da energia total.
- Força gasta para rodar as rodas representa 1% da energia total.
- Força para superar a força da gravidade em subidas varia decorrente a inúmeros fatores a ela relacionados, tais como, inclinação da subida, terreno, entre outros.
- Atritos variados decorrente do trajeto e direção percorridos pelo ciclista/bicicleta representa de 1 a 2% da energia total gasta (Martin, 1996).

3.1.2 - FATORES MECÂNICOS INTERNOS

Variáveis biomecânicas internas que afetam a performance no ciclismo estão relacionadas à força¹⁴, ao torque¹⁵ e a potência¹⁶ produzida.

Fatores como: posição inicial e final do músculo; mudança no tamanho do músculo; tamanho no braço de momento¹⁷ do músculo; força de momento; resistência do braço de momento; direção/sentido/tipo da força; ponto de aplicação; junção dos ângulos; ângulo muscular de tração; tipo de fibra muscular; tipo de contração muscular (concêntrica, excêntrica, isométrica); velocidade da contração; padrão do requerimento muscular (sincronismo, número e seqüência das unidades motoras envolvidas); componentes elásticos (serie, paralelo); forças de atrito internas e viscosidade interna do músculo, entre outros, podem modificar e alterar a força, potência e torque que é gerado e transmitido do músculo para a bicicleta (Too, 1990).

Mudanças nesses fatores estão relacionadas diretamente a alterações realizadas nos fatores mecânicos externos, como analisaremos a seguir.

3.1.3 - FATORES MECÂNICOS EXTERNOS

Os fatores mecânicos externos basicamente agem segundo a estrutura da bicicleta e quanto de energia é transmitido pelo ciclista ao seu veículo. Ou seja, o posicionamento e materiais utilizados.

Podemos destacar os seguintes fatores: distância entre o selim e o pedal; ângulo do *seat tube*; altura do selim; tamanho do pedivela¹⁸; posição, altura e tamanho do guidão, *glip* e *aerobars*; posição, orientação e angulação do posicionamento do ciclista; posição do conjunto pé/pedal; formato da coroa

¹⁴ Força: Produto da massa de um corpo pela aceleração desse corpo que resulta da aplicação de força.

¹⁵ Torque: Efeito rotatório de uma força ao redor de um eixo de rotação, medido como o produto da força pela distância perpendicular entre a linha de ação da força e o eixo.

¹⁶ Potência: Ritmo de produção de trabalho que é calculado como o trabalho dividido pelo tempo durante o qual o trabalho foi realizado.

¹⁷ Braço de Momento: Menor distância (perpendicular) entre a linha de ação da força e o eixo de rotação.

¹⁸ Pedivela: Estrutura na bicicleta que corresponde ao conjunto coroas, pedivela e pedal.

(circular ou elíptica); relação de marchas; tamanho das coroas e cassete¹⁹, tamanho, diâmetro, massa e propriedade de inércia das rodas e perdas, devido aos atritos, da energia transmitida entre o ciclista e bicicleta.

Mudanças nesses fatores alteram diretamente os ângulos entre membros dos ciclistas, como: tamanho desses ângulos, tamanho do músculo, vantagens da mecânica muscular e habilidade de produzir potência, torque e força (Too, 1990).

Como mencionado, as geometrias das bicicletas são diferentes e essas diferenças refletem no posicionamento e no recrutamento muscular do atleta. Assim sendo, estaremos analisando tais diferenças relacionando-as com o requerimento muscular na corrida, para que, com isso, possamos identificar o tipo de bicicleta que proporcionará aos triatletas seus melhores desempenhos em provas.

3.1.4. - FATORES MECÂNICOS INTERNOS – MUSCULATURA

Como destacado por Too (1990), diversas variáveis internas do ciclista influenciam em sua performance, analisaremos, então, o fator relacionado diretamente com o recrutamento muscular em cada tipo de bicicleta.

3.1.4.1 - CICLO DE PEDALADA

O princípio mecânico básico da pedalada consiste em executar uma pedalada circular interrupta aplicando pressão em grande parte do círculo de pedalada no sentido horário (Friel, 1998). Muitas vezes o que acontece na prática com triatletas é a aplicação de força apenas nos sentidos para baixo e para cima do pedal.

Uma pedalada eficiente consiste na aplicação de força sobre o pedal de maneira contínua, ou seja, quando os músculos se contraem de forma a permitir a execução completa de um círculo, seus benefícios são somados ao

¹⁹ Cassete: Conjunto de coroas com diferentes tamanhos de circunferência, que permitem a variação das marchas em uma bicicleta.

auxílio do pedivela resultando na execução de um movimento contínuo e equilibrado (Friel, 1998).

Como relata Hobson (2004), o segredo para uma transferência eficiente de força do atleta para os pedais ocorre quando o atleta trabalha os principais músculos (quadríceps, ísquiotibiais e glúteo máximo) de forma balanceada, sem enfatizar na utilização de certas musculaturas em certos pontos do círculo de pedalada.

Isso gera grande dificuldade para os atletas, uma vez que, as forças aplicadas durante o círculo variam de direção, sentido e intensidade. A figura 12 representa de forma esquemática o posicionamento relativo dos pés em cada ponto da pedalada e das forças resultantes sobre os pedais (Friel, 1998).

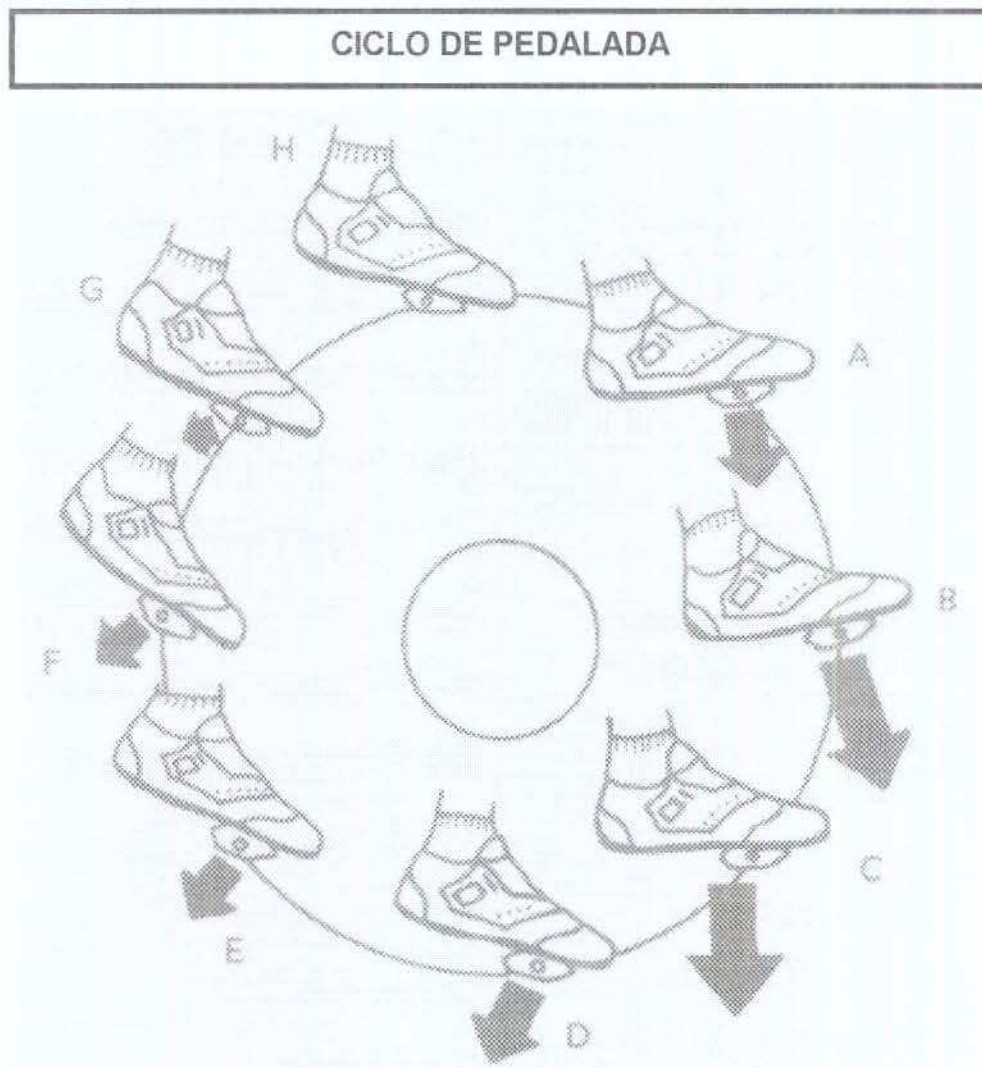


Figura 12: Representação esquemática do ciclo de pedalada.

Segundo Friel (1998), o desafio em melhorar a mecânica da pedalada consiste em mudar de forma contínua a direção na aplicação da força sobre os pedais na parte superior da pedalada (posição entre H e A na figura 12) e na parte inferior da pedalada (posição entre D e E na figura 12).

Existem basicamente três fases no ciclo de pedalada:

1. Na parte superior (posição A, B e C) ocorre a maior aplicação de força no sentido para baixo. Região de maior potência na pedalada. (25-160°), fase denominada *Downstroke*.
2. Na parte inferior da pedalada (posição D e E na figura 12) a direção da força aplicada no pedal é retrograda, isso é, para trás. Fase denominada de recuperação ou *Backstroke*.
3. Quando os pés se encontram próximos à parte superior da pedalada (posição F, G e H) os calcanhares não apresentam grande elevação e as forças aplicadas são de baixa intensidade. Fase denominada *Upstroke*.

A figura 13 representa a direção e intensidade das forças aplicadas sobre os pedais em uma mecânica de pedalada otimizada (TOWN, 1985 *apud* FARIA e CAVANAGH, 1978).

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO CICLO DE PEDALADA

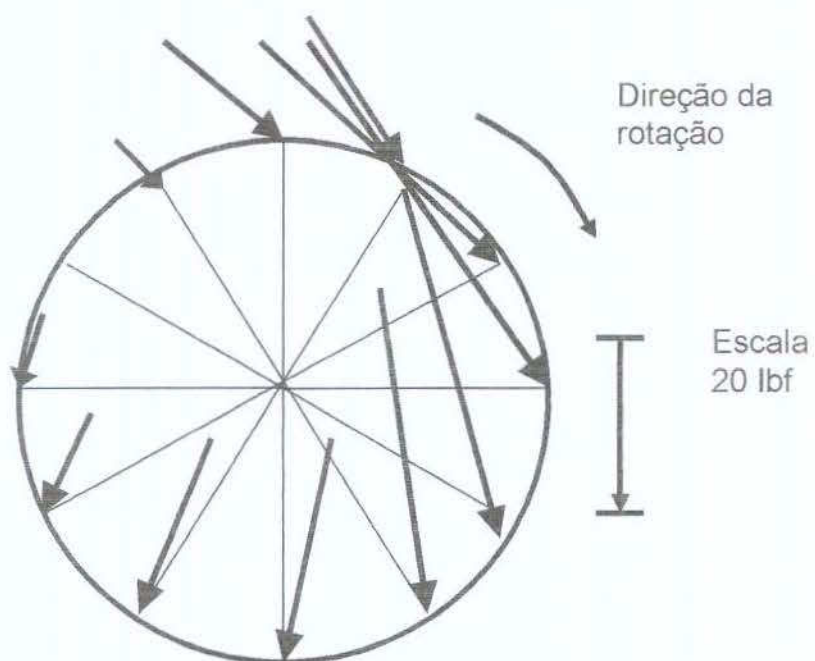


Figura 13: Direção e intensidade das forças aplicadas sobre os pedais.

3.1.4.2 - BICICLETAS DE ESTRADA



Figura 14: Bicicleta de Estrada (modelo: Cervélo Soloist 105).

Os principais músculos envolvidos na pedalada são: reto femoral (extensor da perna e flexor da coxa), vasto lateral (extensor da perna), vasto intermédio (extensor da perna), vasto medial (extensor da perna), iliopsoas (flexor da coxa), semimembranoso (extensor da coxa), semitendinoso (extensor da coxa), bíceps femoral (extensor da coxa), glúteo máximo (extensor da coxa), gastrocnêmio (flexor plantar e flexor da perna), sóleo (flexor plantar), tibial anterior (dorsiflexão) e extensor longo dos dedos (flexor dos dedos) (Faria, 1997).

Segundo Faria (1997), a ação muscular do grupo quadríceps (reto femoral, vasto lateral, vasto intermédio, vasto medial) tem seu maior desempenho depois do ângulo 0°. Porém a ação do músculo reto femoral inicia na fase de recuperação, por volta da angulação de 200° até 0° e estendesse até por volta dos 120 - 130°. Observa-se que sua maior ação ocorre entre 330° até 30°.

Os músculos vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio, apresentam ativação a partir dos 340° até os 100°.

O músculo bíceps femoral apresenta maior ativação entre 80° e 180°, enquanto a maior atividade do semimembranoso e semitendinoso ocorre na região de 60° até 240°. Após os 180°, no meio da fase de recuperação, o bíceps femoral e semimembranoso representam os músculos ativos de maior atividade.

O tibial anterior é ativado na segunda metade da fase de recuperação (270°) até o ângulo de 10°. O glúteo máximo é ativado do 0° até os 130°, e apresenta a maior potencial entre os 10° até 110° (região de maior potência devido ao início da extensão da coxa).

O gastrocnêmio inicia sua contração por volta dos 30° (um pouco após o fim da atividade do tibial anterior) e termina por volta dos 270°. Deve-se destacar que o gastrocnêmio começa a agir ainda quando o músculo do quadríceps está em atividade (extensão da perna) por volta dos 45° aos 110°. Então, existe neste momento, uma pequena co-contracção dos músculos agonistas e antagonistas.

Entre os ângulos de 0° até os 90° estão em atividade os músculos glúteo máximo, quadríceps e gastrocnêmio. Dos 90° até os 270° a ação muscular esta limitada aos músculos gastrocnêmio, semitendinoso, semimembranoso e bíceps femoral. Tibial anterior e reto femoral atuam dos 270° até 0° (Faria, 1997).

Durante o ciclo de pedalada, o quadril e o joelho apresentam atividades distintas, onde a ação do quadril é de extensão e do joelho, em um primeiro momento, também é de extensão, mas depois passa a ser de flexão.

A atividade muscular é caracterizada por uma co-contracção dos músculos agonistas e antagonistas, durante a pedalada. Isso se torna evidente ao analisarmos o gastrocnêmio e tibial anterior atuando no tornozelo e quadríceps e posteriores de coxa (Faria, 1997).

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO REQUERIMENTO MUSCULAR EM CADA FASE DO CÍRCULO DE PEDALADA- BICICLETA DE ESTRADA

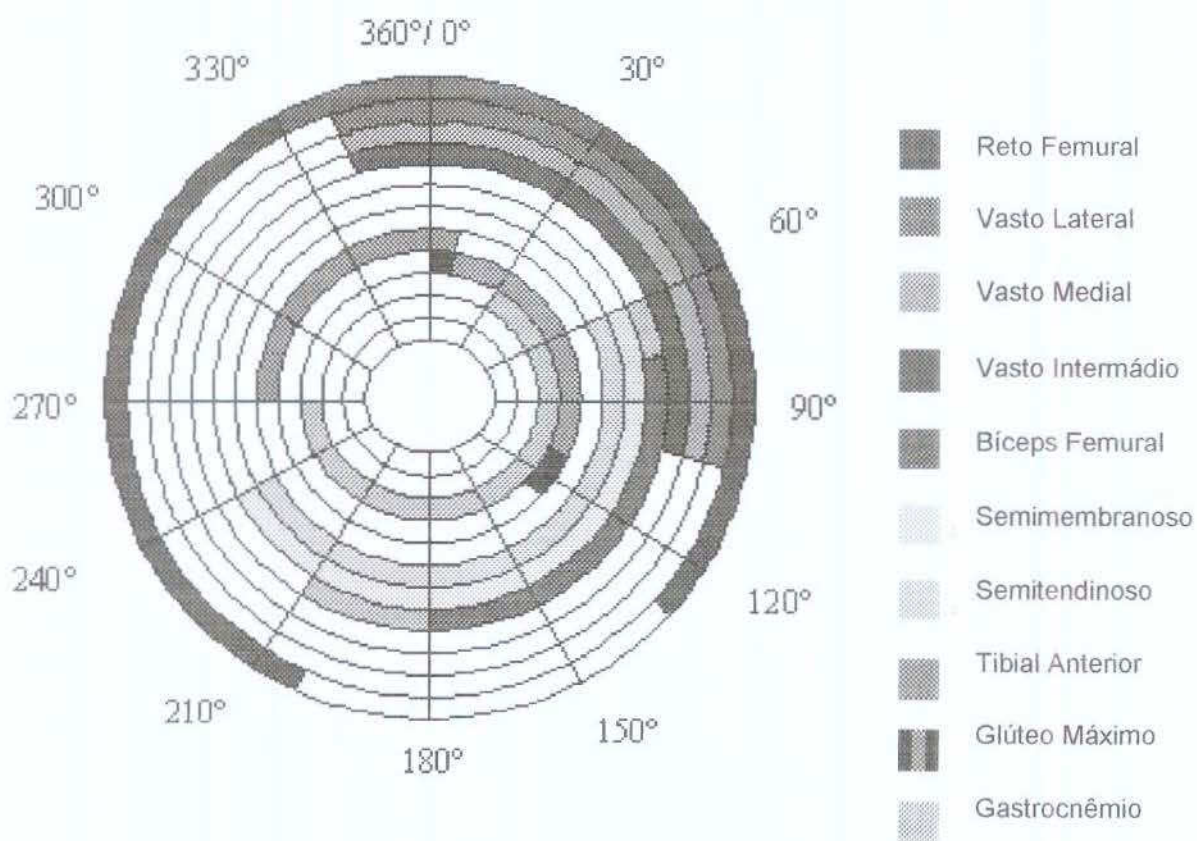


Figura 15: Mostra os pontos de maior ativação das musculaturas em questão.

3.1.4.3 - BICICLETAS DE TRIATHLON



Figura 16: Bicicleta de Triathlon (modelo: Cervélo Dual).

A musculatura utilizada nas bicicletas de triathlon para executar um ciclo completo de uma pedalada não diferencia da musculatura utilizada nas bicicletas de estrada.

Podemos então, destacar como os principais músculos ativados o reto femoral, vasto lateral, vasto intermédio, vasto medial, iliopsoas, semimembranoso, semitendinoso, bíceps femoral, glúteo máximo, gastrocnêmio, sóleo, tibial anterior e extensor longo dos dedos.

Contudo, devido a geometria dessas bicicletas, principalmente pelo fato de apresentar uma angulação do *Seat Tube* de 78°, a atividade de alguns desses músculos é um pouco diferenciada.

Pois, ao posicionar o corpo do atleta mais para frente e, conseqüentemente, permitir que seu sistema de alavancas tronco-quadril-pernas seja projetado sobre o eixo central do pedivela (*Bottom Bracket*), isso resulta em uma atividade muscular mais equilibrada.

Ou seja, o predomínio que existia nas bicicletas de estrada em relação ao requerimento do músculo quadríceps passa a ser compartilhado com a ação dos músculos isquiotibiais e glúteo máximo quando analisarmos o ciclo como um todo (Pyle, 2000).

Nabinger e Zaro (1997) apresentaram um estudo sobre as variações eletromiográficas dos músculos inferiores das pernas ao executarem um ciclo

de pedalada com modificações na altura do selim e variações no posicionamento do selim em relação ao eixo do pedivela.

Ao analisarmos os resultados, identificamos que quando os atletas submetidos aos testes em bicicletas onde o ângulo do *Seat Tube* era maior (maior avanço do selim), apresentavam dados eletromiográficos de maior atividade da musculatura posterior da coxa, em relação aos dados coletados nos testes com ângulos menores do *Seat Tube* (maior recuo do selim).

Além disso, podemos analisar que nos casos em que a ativação dos músculos posteriores da coxa foi maior, existiu uma variação na intensidade eletromiográfica dos demais músculos, ou seja, a atividade de todos os músculos foi maior, mais potencializada (Adaptado Nabinger e Zaro, 1997).

**REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO REQUERIMENTO MUSCULAR EM CADA FASE DO CÍRCULO DE PEDALADA-
BICICLETA DE TRIATHLON.**

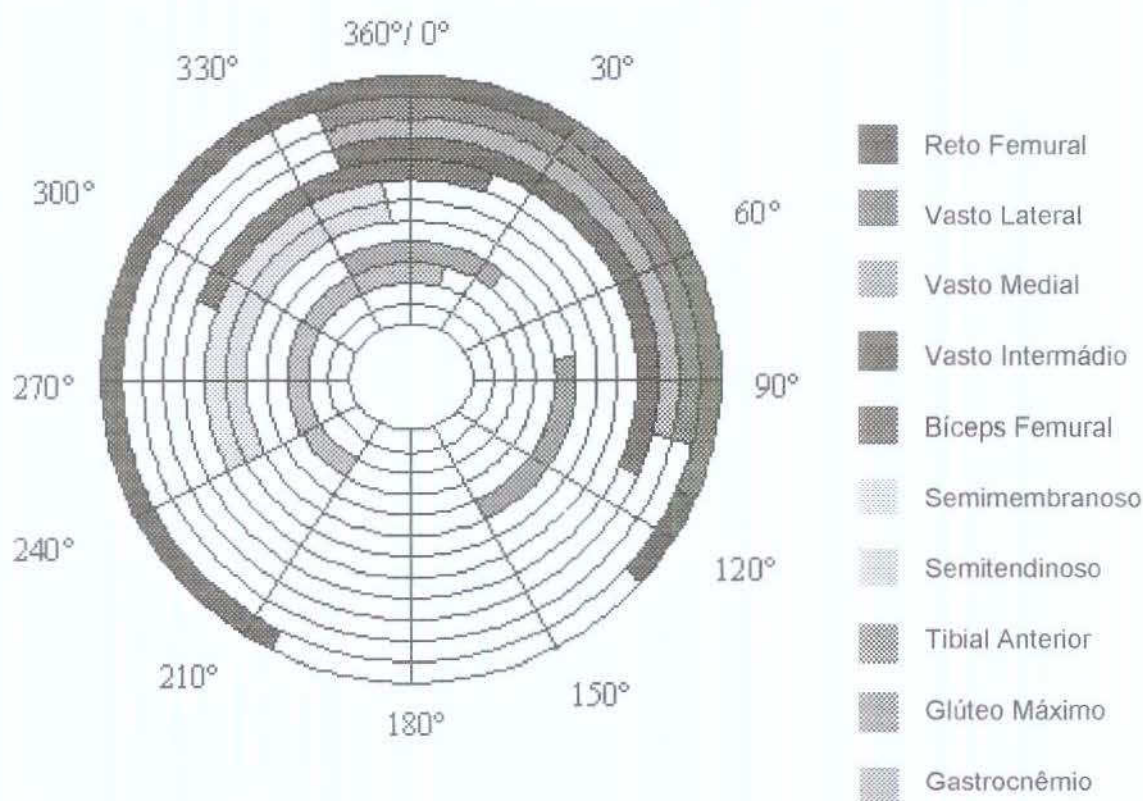


Figura 17: Mostra os pontos de maior ativação das musculaturas em questão (adaptado Nabinger e Zaro, 1997).

Devemos ressaltar que as figuras 15 e 17 representa esquematicamente a ativação dos músculos no ciclo de pedalada, porém esta representação limita-se a identificar os segmentos de maior ação do músculo, uma vez que durante todo o ciclo, a maior parte desses músculos não cessão sua atividade, apenas diminuem a intensidade de esforço (Hamill, 1999).

3.2 - BIOMECÂNICA DA CORRIDA



Figura18: Dave Scott e Mark Allen, etapa de corrida Ironman Hawaii 1989.

Na tentativa de analisarmos qual dessas bicicletas geram a melhor performance tanto no ciclismo quanto na corrida em provas de triathlon, analisaremos as musculaturas utilizadas, predominantemente, na corrida correlacionando-as com as musculaturas requeridas em cada bicicleta.

O movimento da corrida baseia-se, principalmente, na coordenação dos movimentos de braços, pernas e tronco (Hay, 1981). Analisaremos, a seguir, apenas as fases dos movimentos das pernas durante uma corrida.

A corrida é um movimento cíclico, assim como o ciclismo, que consiste no toque alternados dos pés no solo, os quais passam por baixo e para trás do corpo e em seguida deixam o solo para se mover para frente (HAY, 1981).

Podemos identificar três fases distintas de movimentação das pernas durante a corrida (Hay, 1981):

1. Fase de apoio inicia-se com o contato do pé no solo e termina quando o centro de gravidade do atleta o ultrapassa.
2. Fase de propulsão inicia-se ao final da fase de apoio e finaliza-se quando o pé deixa de ter contato com o solo.
3. Fase de recuperação ocorre quando o pé não está em contato com o solo e está sendo levado à frente para o novo contato.

Os principais músculos utilizados durante essas fases são identificados na tabela 6.

FASES DA CORRIDA

<u>Musculatura</u>	Fase de Apoio		Fase de Propulsão	Fase de Recuperação	
	Contato do Pé	Apoio Médio	Saída dos Artelhos ²⁰	Balanceio para Frente	Desaceleração
Quadríceps:					
Reto Femoral	++	+++	+++		+
Vasto Medial	++	+++	+++		+
Vasto Intermédio	++	+++	+++		+
Vasto Lateral	++	+++	+++		+
Sartório				++	+
Tensor da	++	++	+	+++	

²⁰ Artelhos: Dedos dos pés.

Fáscia Lata					
Adutores da coxa	++	++	+	++	+
Flexores					
Plantares:					
Gastrocnêmio	++	+	++		
Sóleo	++	+	++		
Iliopsoas				+++	
Isquiotibiais:					
Bíceps Femoral	+++	++	+++	+	++
Semimembranoso	+++	++	+++	+	++
Semitendinoso	+++	++	+++	+	++
Dorsiflexores:					
Tibial Anterior	+	++	++	++	++
Glúteo Máximo	++	++	+++		+
Glúteo Médio	++	+++	++	+	
Glúteo Mínimo	++	+++	++	+	

Tabela 6: Atividade muscular durante as fases da corrida
(Hamill, J., 1999 *apud* Mann, 1986).

Legenda

+ Baixa atividade
++ Atividade moderada
+++ Alta atividade

Na fase de apoio, ocorre uma grande ativação dos músculos do quadríceps, isquiotibiais, glúteo máximo, médio e mínimo. Na fase de propulsão há uma grande ativação muscular por parte dos isquiotibiais, quadríceps e glúteo máximo, e por fim, na fase de recuperação há ativação dos isquiotibiais e dorsiflexores (Hamill, 1999).

A partir desses dados, podemos identificar que tanto os músculos quadríceps quanto os músculos isquiotibiais e glúteo máximo são os principais responsáveis pelo movimento das pernas durante a corrida.

Semelhança esta que podemos encontrar com as musculaturas envolvidas no ciclismo e em destaque no ciclismo desenvolvido em bicicletas de triathlon.

3.3 - BICICLETAS DE ESTRADA VERSUS BICICLETAS DE TRIATHLON VERSUS CORRIDA

Hawley (1998, *apud* Tanaka, 1994) relata que os maiores grupos musculares dos membros inferiores são utilizados tanto na corrida quanto no ciclismo, entretanto, destaca que o quadríceps é um dos músculos mais utilizados no ciclismo e que após estudos, pôde concluir que a atividade enzimática desse músculo em ciclistas competitivos é sempre maior que a atividade encontrada nos quadríceps de corredores de longa distância.

Podemos, notar, então, que uma vez que corredores não utilizam o quadríceps predominantemente, seu uso demasiadamente alto durante o ciclismo não interferirá na corrida, podendo até mesmo auxiliá-lo, pois estará poupando a musculatura que será amplamente utilizada na corrida: posterior da coxa (isquiotibiais).

Encontra partida, Pyle (2000) relata que bicicletas com ângulos de 78° no *Seat Tube* posicionam o atleta mais para frente, beneficiando aqueles que possuem a musculatura dos isquiotibiais mais desenvolvida (corredores).

Pois, sendo os músculos isquiotibiais e glúteos os principais responsáveis pelo deslocamento do atleta durante a corrida, Pyle acredita que nessas bicicletas ocorra a simulação do movimento de corrida, conforme deslocamos o selim mais para frente (sobre o eixo do pedivela).

Podemos, então, inferir que uma vez ativando os mesmos músculos, as bicicletas de triathlon podem auxiliar na performance da corrida, enquanto que, por usar predominantemente o quadríceps, as bicicletas de estrada não simulam o movimento de corrida.

Segundo Demerly (2000), bicicletas de triathlon melhoram a performance na corrida de triatletas em comparação com as bicicletas de estrada, pois devido a posição assumida por eles em bicicletas com angulação de 78°, a musculatura inferior estará menos comprimida, e com isso, será mais poupada. O que facilitará a etapa de transição, especialmente nos primeiros 2 a 3 quilômetros de corrida.

Em 1997, em estudo publicado no Journal of Sports Science (Prince e Donne) analisam as conseqüências na variação da altura do selim e da angulação do *Seat Tube* em relação a performance submáxima no ciclismo.

Concluíram que em bicicletas com *Seat Tube* de 80° o consumo de oxigênio foi, significativamente, menor e a potência desenvolvida foi maior quando comparado com as bicicletas com 74° e 68°. Notaram, ainda, que as bicicletas com *Seat Tube* de 74° foram mais eficientes do que as de 68°.

Em estudo também publicado no Journal of Sports Science (Garside e Doran, 2000) analisaram diretamente a performance de triatletas em teste de 40 quilômetros de ciclismo e 10 quilômetros de corrida, com variação na angulação do *Seat Tube* de 81° e 73°. Como esperado pelos autores, os testes apresentaram melhora na performance dos atletas quando utilizaram bicicletas de 81° de angulação.

Resultados mostram uma média de 1:04:10 nos 40 quilômetros em bicicletas com *Seat Tube* de 73° e 1:02:54 em bicicletas de 81°. Porém, durante a primeira metade da corrida é que houve um aumento significativo da performance dos atletas com as bicicletas de triathlon em comparação com as bicicletas de estrada: de 21:41 e 24:15 respectivamente. Sendo que, na metade final da corrida, os tempos foram menores ainda, porém com diferença não tão significativa: de 21:14 e 22:01 respectivamente.

“Ao distribuir o trabalho muscular sobre uma grande massa de músculos, acredito que o aumento do ângulo do Seat Tube resulta em um aumento efetivo de força transferida durante a segunda metade do ciclo de pedalada” (Empfield, 2000 apud Price, 1997).

Por último, segundo Pyle (2000) a variação no tipo de terreno do prova pode influenciar no tipo de quadro a ser utilizado pelo atleta. Bicicletas de triathlon apresentam melhores performances em terrenos planos através do aumento do momento²¹ e maior cadência.

Por outro lado, terrenos montanhosos e situações climáticas adversas, como vento frontal, diminuem a cadência o que torna a força o fator crucial e

²¹ Momento: Quantidade de movimento, medida como o produto da massa de um corpo por sua velocidade.

para isso, a utilização de bicicletas de estrada, que geram maior torque, podem ajudar na performance.

3.4 - Fatores mecânicos Externos – Posicionamento

Assim como o requerimento de alguns grupamentos musculares, o posicionamento assumido pelos atletas difere devido à variação na estrutura geométrica de cada bicicleta.

Bicicletas de Triathlon, por serem projetadas para provas onde o vácuo não é permitido, necessitam do auxílio da aerodinâmica através do posicionamento aerodinâmico assumido pelo atleta e pelos materiais por ele utilizado, tanto nas vestimentas quanto em peças da própria bicicleta.

Em contra partida, as bicicletas de Estrada, por serem projetadas para provas com vácuo, as diferenças aerodinâmicas no posicionamento dos atletas não interferem diretamente em seu desempenho, não necessitam assim, que os atletas adotem uma posição tão aerodinâmica.

O posicionamento do atleta em sua bicicleta deve se preocupar, segundo Friel (1998), primeiro com a segurança, depois com o conforto, a aerodinâmica e por fim a potência. Notamos que nas bicicletas de estrada os aspectos do posicionamento aerodinâmico e potência são considerados de forma inversa, isso é, a potência prevalece sobre a aerodinâmica.

Em estudo Gross, Kyle e Malewicki (1983) relatam que um mesmo ciclista, utilizando os mesmos materiais e a mesma pressão nos pneus, necessita de uma força de 3.27 lbs para manter uma velocidade superior a 20 mph com uma bicicleta com componentes aerodinâmicos, e uma força de 3.48 lbs para manter essa mesma velocidade ao utilizar uma bicicleta sem tais componentes.

Essa diferença reflete aproximadamente em um aumento de 6% na eficiência devido aos ganhos oriundos do posicionamento aerodinâmico assumido pelo atleta.

Segundo Empfield (2003), o ajuste perfeito da bicicleta, seja ela específica de triathlon ou de estrada, consiste em adequá-la e regulá-la em

relação ao tamanho do atleta (tamanho do quadro), altura do selim, posição do selim (para frente ou para trás em relação ao canote²²), tamanho do pedivela, tamanho e angulação do avanço²³, tamanho e altura do guidão, tamanho e posição do *clip*, tamanho e altura do *aerobar*, posição das sapatilhas no pedal, entre outros, de forma a permitir que o atleta forme:

- um ângulo de 90° entre coxa e tronco;
- um ângulo de 90° entre tronco e braço,
- um ângulo de 90° a 100° entre braço e antebraço e
- um grau de extensão das pernas de 145° em bicicletas de Estrada e 150° em bicicletas de Triathlon.

POSICIONAMENTO IDEAL DO ATLETA SOBRE A BICICLETA

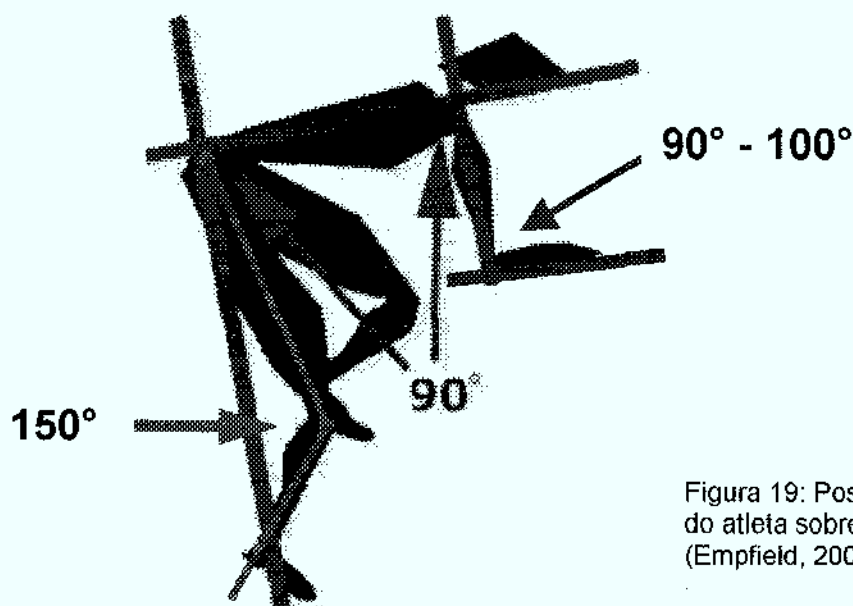


Figura 19: Posicionamento do atleta sobre a bicicleta (Empfield, 2003).

Ao formar um ângulo de 90° entre coxa-tronco, tronco-braço e tronco-antebraço, o atleta diminui sensivelmente a área da superfície frontal, ou seja, reduz a área de seu corpo que está em contato direto com o ar, permitindo, assim, uma melhora em sua eficiência aerodinâmica (Budge, 2001).

²² Canote: Estrutura que une o *Seat Tube* ao selim.

²³ Avanço: Popularmente denominado de mesa, avanço refere-se à peça que liga o quadro (*Head Tube*) ao guidom.

Faria e Cavanagh (1978) apresentaram em estudo teórico o efeito do posicionamento do atleta em relação à sua velocidade. Foram analisados três posicionamentos distintos do ciclista: 1) *Turing position* (posição de passeio) 2) *Low racing position* (posição baixa de corrida) 3) *Upright position* (tronco na vertical), em que podemos considerar para as três posições as angulações entre coxa e tronco de 120°, 90° e 150° respectivamente (adaptado Kreighbmdum e Barthels, 1996).

Usando a posição *Turing position* como referencial de comparação, um atleta desenvolvendo uma intensidade de esforço constante, apresentará uma velocidade de 24,2 km/h. Ao assumir o posicionamento *Low racing position*, ele apresentará um incremento em sua velocidade de 1,13 km/h, mas em contra partida, ao se posicionar na *Upright position*, o atleta terá uma perda de 0,97 km/h em sua velocidade.

Assim, podemos considerar que a uma mesma intensidade de esforço, o atleta que estiver em uma posição mais aerodinâmica (onde forme um ângulo de 90° entre coxa e tronco) terá um acréscimo em sua velocidade, ou ainda, em uma mesma velocidade, o atleta que estiver nessa posição desenvolverá uma intensidade de esforço menor em relação a um atleta na mesma velocidade, porém em outra posição.

Em pesquisa desenvolvida pela Federação Norte Americana de Ciclismo a respeito dos estudos desenvolvidos sobre a altura do selim, verificou-se que a potência gerada pelo atleta pode aumentar quando existir um aumento na altura do selim.

Entretanto, a partir de uma determinada altura (quando ocorrer perdas na biomecânica de pedalada, como significativo deslocamento lateral do quadril ou excessiva flexão plantar durante as fases da pedalada *downstroke* e *backstroke*), o consumo de oxigênio cresce abruptamente resultando em uma perda significativa de eficiência (Pyle, 2000).

Em contra partida, o posicionamento do selim muito baixo pode levar o atleta a perda de potência devido à diminuição do ângulo de ação da musculatura do quadríceps, principal responsável pela fase *downstroke* no ciclo de pedalada (Pyle, 2000).

O posicionamento ideal do atleta deve permitir que seu tronco se encontre o mais paralelo possível do chão, e que a articulação de seu joelho possa trabalhar livremente até uma extensão de 145° a 150° . Tornando a relação conforto e eficiência equilibradas.

As bicicletas de triathlon por possuírem uma geometria onde o *Head Tube* e o *Top Tube* sejam menores e o ângulo do *Seat Tube* com 78° , permitem, com o auxílio do *aerobar*, que os triatletas se posicionem dessa forma, otimizando suas performances.

Como visto no capítulo anterior, ao diminuir o tamanho do *Head Tube*, o comprimento do *Top Tube* e aumentar o ângulo do *Seat Tube*, as bicicletas de triathlon deslocam o atleta mais para frente, permitindo que ocorra uma distribuição equilibrada do peso do atleta entre selim e aerobar (Budge, 2001).

Ao se posicionar desta forma, atleta apoiará os cotovelos sobre os *pads*, permitindo, com isso, que o peso de seus membros superiores seja sustentado pelos ossos de seus braços e não por suas musculaturas, poupando-as (Demerly, 2000).

Somado a isso, esse posicionamento permite um aumento no ângulo entre tronco e coxa possibilitando que essa articulação trabalhe “livremente” (não havendo contato entre o joelho e o tronco), a uma cadência elevada e a uma aplicação ótima de força durante todo o ciclo de pedalada (Budger, 2001).

Esse posicionamento também deve ser buscado nas bicicletas de estrada, porém devido as suas diferenças geometrias, as peças nelas utilizadas também devem ser diferentes das utilizadas nas bicicletas de triathlon.

Essas bicicletas por possuírem *Head Tube* e *Top Tube* maiores e o ângulo do *Seat Tube* menor (73°) não permitem um posicionamento eficiente aos atletas que utilizarem *aerobars* ou *clips* longos (Budge, 2001).

Pois com o aumento no tamanho do *Head Tube*, e a utilização de *aerobar* ou *clips* longos, resultará em uma elevação da posição do membro superior do atleta gerando um aumento na superfície da área frontal (aumento na resistência do ar). Além disso, ao utilizarem *aerobars* e *clips* longos, devido

o aumento no comprimento do Top tube, provocará uma supre extensão do membro superior do atleta (Demerley, 2000).

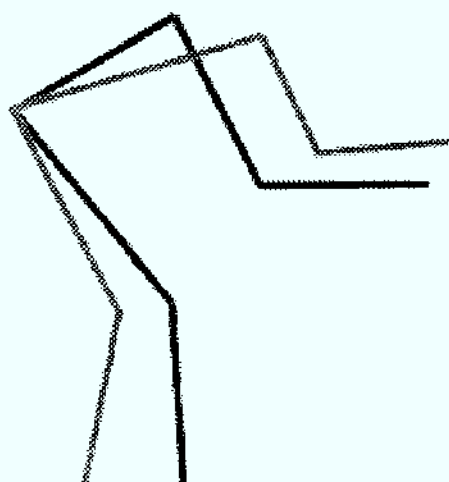
Decorrente da menor angulação do *Seat Tube*, o atleta ao ser projetado mais para trás, diminui a angulação entre tronco e coxa resultando em uma maior proximidade entre tronco e joelho na fase *upstroke*. Essa proximidade é desfavorável ao atleta, pois resulta em uma compressão do músculo do diafragma dificultando a respiração e, possivelmente, a digestão do atleta (Budge, 2001, Demerly,2000 e Buchanan e Shorett,2003).

Entretanto, ao utilizar o equipamento adequado, como o guidão clássico de ciclismo e um *clip* curto (devido as restrições das regras vistas no capítulo 1 e por causa do tamanho do *Top Tube*), um posicionamento eficiente pode ser alcançado

Porém, devemos salientar que ao utilizar *clips* o atleta estará sujeito a um desgaste em sua musculatura dos braços e ombros. Pois, devido o tamanho reduzido do *clip*, o atleta, ao invés de apoiar seus cotovelos nos *pads* (o que resultaria na sustentação de seu peso pelos ossos), apoiará apenas a partes mediais de seu antebraço, fazendo, com isso, que a musculatura dos ombros e costas seja os principais responsáveis por essa sustentação, fatigando-as (Demerly, 2001, Buchanan e Shorett,2003).

As figuras 20, 21, e 22, representam os diferentes posicionamentos assumidos pelos atletas nas bicicletas de triathlon e de estrada.

DIFERENÇA NO POSICIONAMENTO DO ATLETA NAS DUAS BICICLETAS



Vermelho: Ciclista em uma bicicleta de triathlon com *aerobar*.

Preto: Ciclista em uma bicicleta de estrada com *aerobar*.

Figura 20: Esquema do posicionamento do atleta.

POSICIONAMENTO DO ATLETA NA BICICLETA DE ESTRADA

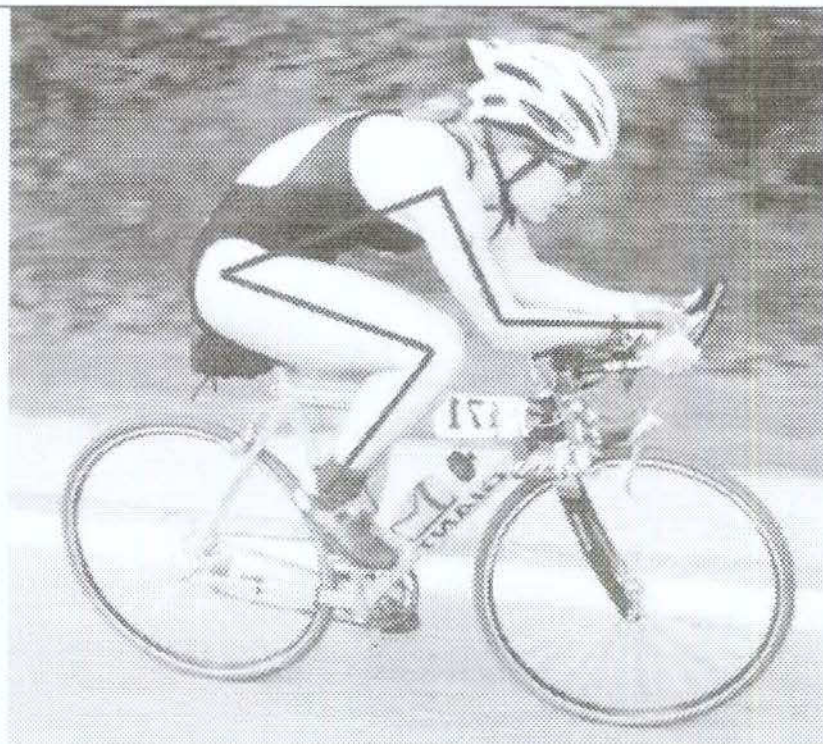


Figura 21: Posicionamento na bicicleta de estrada com guidão clássico e *clip*.

POSICIONAMENTO DO ATLETA EM BICICLETAS DE TRIATHLON

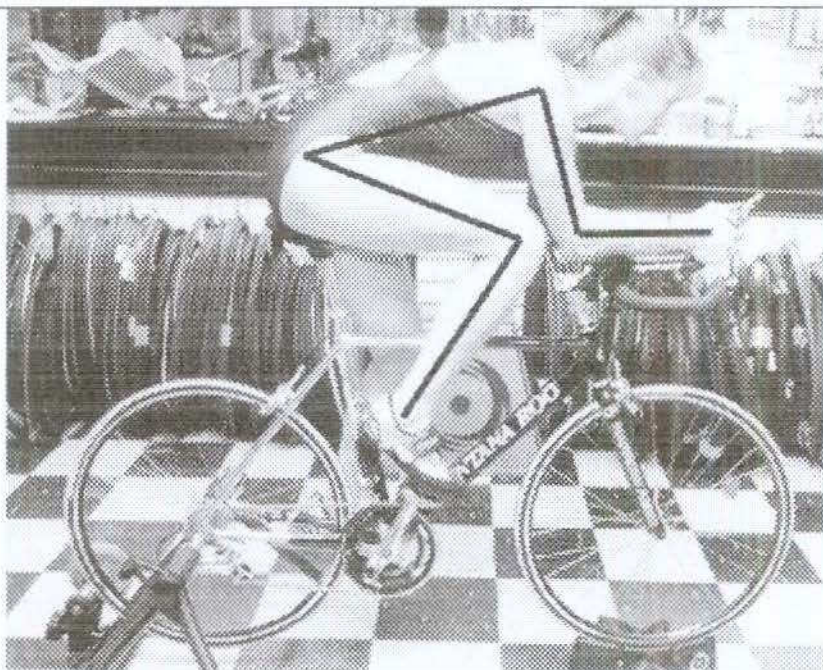


Figura 22: Posicionamento na bicicleta de triathlon com *aerobar*.

3.5 - MATERIAIS UTILIZADOS

O uso de certas peças, como rodas, pode influenciar, de forma direta, na performance no ciclismo através da redução do peso da bicicleta e principalmente pela redução das forças de atrito.

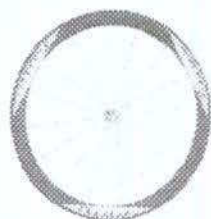
A performance da corrida também pode ser influenciada pelo uso de tais materiais, porém de forma indireta, uma vez que, permite ao atleta desenvolver um pedal mais eficiente e ao mesmo tempo energeticamente mais econômico, permitindo que o atleta poupe mais suas reservas energéticas para que sejam utilizadas na etapa seguinte.

Existem basicamente quatro tipos de rodas: rodas tradicionais com 36 raios e perfil baixo (aro menor); rodas aerodinâmicas com de perfil alto (aro maior) e uma média de 12 a 24 raios, rodas *Trispoke* com um número limitado de raios (três a cinco) que são largos e achatados e rodas *Discs* (que são rodas traseiras e fechadas).

DIFERENTES TIPOS DE RODAS



Rodas tradicionais (modelo: Reynolds Cirro SV)



Rodas Aerodinâmicas (modelo: Reynolds Stratus DV)



Rodas TriSpoke (modelo: X-Lab 3 Spoke)



Rodas Disc (modelo: Hed Superlight Disc)

Figura 23: Os quatro tipos de rodas.

Estudos científicos têm sido desenvolvidos na tentativa de quantificar os ganhos oriundos da utilização de peças aerodinâmicas (Dantas, 2000)

McCole et al. (1990) estudaram tais equipamentos na tentativa de verificar seu efeito sobre o gasto energético no ciclismo. Concluíram que um ciclista pedalado a uma velocidade de 40km/h é capaz de reduzir seu gasto energético em 7% ao utilizar um quadro aerodinâmico, rodas fechadas sendo a dianteira de menor diâmetro e guidão com *clip*. Nesse estudo, analisaram que ao utilizarem outros tipos de rodas aerodinâmica, conseguiram uma redução de 2 a 4% no gasto energético quando comparado ao gasto em relação as rodas tradicionais (Dantas, 2000 apud McCole et al., 1990).

Em 1985, Kyle estimou que ao utilizar rodas fechadas (traseiras), devido à redução no arrasto, há uma economia de aproximadamente 3 minutos em provas de 100 quilômetros com uma velocidade entre 20 e 30 mph. Identificou ainda uma redução no arrasto simplesmente ao alterar o número de raios nas rodas (36 para 24), que pode gerar uma melhora de 40 segundos em provas de 30 quilômetros e de 2 minutos em provas de 100 quilômetros (Dantas, 2000).

Em estudo, Martin (1996) analisou a os ganhos obtidos em testes de 40 quilômetros usando rodas aerodinâmicas (*Trispoke* dianteira e *Discs* traseira) em comparação a rodas tradicionais.

Essa comparação também foi feita levando em conta o posicionamento assumido pelo atleta: normal, bom e excelente (variando a intensidade de arrasto), a intensidade de potência gerada pelo atleta: 1ª categoria - 350 watts, 2ª categoria - 300 watts, 3ª categoria - 225 watts e 4ª categoria - 150 watts.

TEMPO GASTO EM 40 KM COM O USO DE RODAS TRADICIONAIS

40 quilômetros – Rodas tradicionais					
Posicionamento	Arrasto em 30 mph	Categoria 1 (tempo min: seg)	Categoria 2 (tempo min: seg)	Categoria 3 (tempo min: seg)	Categoria 4 (tempo min: seg)
Normal	7,6	56:08	59:15	65:33	75:46
Bom	6,6	53:39	56:38	62:41	72:28
Excelente	5,6	50:55	53:44	59:30	68:50

Tabela 7: Relação posicionamento x potência gerada e rodas tradicionais.

TEMPO SALVO EM 40 KM COM O USO DE RODAS AERODINÂMICAS

40 quilômetros – Rodas aerodinâmicas					
Posicionamento	Arrasto em 30 mph	Categoria 1 (tempo min: seg)	Categoria 2 (tempo min: seg)	Categoria 3 (tempo min: seg)	Categoria 4 (tempo min: seg)
Normal	7,6	1:06	1:08	1:16	1:26
Bom	6,6	1:12	1:15	1:23	1:35
Excelente	5,6	1:19	1:24	1:32	1:45

Tabela 8: Relação posicionamento x potência gerada e rodas aerodinâmicas.

Através desses estudos, podemos verificar que a utilização de rodas aerodinâmicas (dianteira e/ou traseiras), *Trispoke* (dianteira e/ou traseira) e rodas *Discs* (traseiras), juntamente com um posicionamento que gere uma menor intensidade de arrasto possível, são fatores que influenciam muito na performance do atleta.

CAPÍTULO 4

4 - CADÊNCIA

Segundo Empfield (2000) cadência é o número de ciclos por um dado período de tempo em que seu corpo completa um movimento cíclico.

No ciclismo pode ser entendida como o número de ciclos em que o pedivela completa por minuto e na corrida como o ritmo de passadas que um atleta realiza, ou seja, o número de passadas que o atleta realiza em um intervalo de tempo (Hay, 1981).

4.1- CADÊNCIA E CICLISMO

Muitos estudos visam identificar a cadência de pedalada ideal, sua influência e suas conseqüências em relação à performance do ciclista. Entretanto, esse assunto gera algumas controvérsias, como: o consumo de oxigênio durante um exercício de pedalada, em uma dada potência, aumenta exponencialmente com o aumento na cadência da pedalada, porém, mesmo assim, ciclistas profissionais adotam uma elevada cadência em provas de endurance. (Takaishi, Ishida, Katayama, Yamazaki e Yamamoto, 2002).

Marsh (1996, apud Hagberg et al., 1981) em estudo com ciclistas profissionais, utilizando suas próprias bicicletas e em diferentes cadências, coletou dados sobre a variação no consumo de oxigênio, lactato sanguíneo e limiar ventilatório.

Esses dados mostraram que o menor consumo de oxigênio ocorreu há uma cadência mais baixa (70 rpm²⁴) do que a cadência média escolhida pelos ciclistas (91 rpm).

Marsh e Martin (1993) também identificaram que a cadência escolhida por ciclistas de elite era mais elevada do que a cadência identificada como sendo a mais econômica.

²⁴ RPM- Rotações por minuto.

Neste estudo, desenvolvido com oito atletas, identificaram uma média de 85 rpm como cadência preferida e, em contrapartida, uma média de 56 rpm como a cadência de menor consumo de oxigênio. O estudo permitiu aos ciclistas utilizarem suas próprias bicicletas, posicionada em rolo estacionário²⁵ a uma potência constante de 200 watts.

Não apenas os ciclistas, os triatletas também adotam esse padrão de comportamento na escolha da cadência preferida. Takaishi, Ishida, Katayama, Yamazaki, Yamamoto e Moritani (2002) ao estudarem as possíveis alterações na dinâmica circulatória e metabólica em função de diferentes cadências, identificaram que esses dois grupos adotam como cadências preferidas, cadências mais rápidas do que as que apresentam como as de menor consumo de oxigênio (90 ± 5 rpm triatletas e 100 ± 5 rpm ciclistas).

Os estudos que analisaram apenas a fisiologia dos ciclistas (eficiência e economia) em diferentes cadências resultaram no questionamento de como e porque um ciclista profissional adota uma cadência mais elevada, mesmo que essa resulte em um maior gasto energético. Assim, estudos com uma nova abordagem nas diferenças biomecânicas resultantes em diferentes cadências passaram a ser desenvolvidos.

Redfield e Hull (1986) estudaram a cadência através da análise dos membros inferiores visando o torque articular²⁶ e estresse muscular. Acreditavam que em condições onde co-contrações de músculos agonistas e antagonistas fosse mínima (por exemplo, quadríceps e isquiotibiais), o torque articular indicaria o esforço muscular gerado pela tarefa e, segundo Marsh (1996, apud Crowninshield e Brand, 1981) durante a locomoção em condições submáximas é muito importante minimizar o estresse muscular.

Nesse estudo inicial, Redfield e Hull (1986) identificaram através de experimentos práticos e análises computadorizadas que durante uma pedalada com intensidade de 200 watts, a soma do torque articular médio absoluto do

²⁵ Rolo estacionário: Equipamento que permite ao atleta fixar sua bicicleta e utilizá-la sem se deslocar do lugar.

²⁶ Torque articular: Produto da tensão muscular pelo braço de momento do músculo que atravessa a articulação.

quadril, joelho e tornozelo (Hall, 2000) era minimizada entre as cadências de 95 a 105 rpm (Marsh, 1996).

Já em 1988, Hull et al. analisou a influência da cadência e o estresse muscular de 12 diferentes músculos do membro inferior. Novamente, concluiu que a soma do estresse desses músculos foi menor quando adotado uma cadência de 95 a 100 rpm (Marsh, 1996).

A atividade de diferentes tipos de fibras musculares durante diferentes cadências também foi objeto de estudo devido a especulação existente de que fibras de contração rápida seriam mais requisitadas durante cadências elevadas (Marsh, 1996, apud Gaesser e Brooks, 1975).

Ahlquist et al. (1992) verificou o tipo de fibra muscular recrutada em diferentes trabalhos musculares através do nível de depleção de glicogênio muscular utilizando-se da biópsia muscular²⁷.

Onde analisou as concentrações de glicogênio muscular nas fibras musculares de contração lenta (tipo I) e de contração rápidas (tipo IIa e IIb) nos momentos de pré e pós exercício, em ciclistas que pedalaram a uma intensidade de 85% de seu VO₂ máximo nas cadências de 50 e 100 rpm.

Os resultados apontaram que tanto na cadência de 50 rpm quanto na de 100 rpm o recrutamento das fibras de contração lenta não apresentou variação significativa, entretanto, houve uma diminuição significativa no número de fibras musculares de contração rápida recrutada quando a cadência se elevou para 100 rpm. Isso foi atribuído ao aumento da força muscular necessária para realizar um ciclo completo de pedalada em cadências baixas e não à velocidade de contração.

As diferenças metabólicas nas fibras de contração lenta (utilizam a oxidação da glicose e da gordura como fonte de energia), em comparação com as fibras de contração rápida (geram energia através da quebra da glicose, que pode resultar em um acúmulo de ácido láctico, o qual está diretamente ligado a uma queda na força muscular produzida) (Metzger, 1992), podem representar o fator pelos quais ciclistas e triatletas optem por desenvolver cadências mais elevada.

²⁷ Biópsia muscular: Extração de uma pequena amostra do tecido muscular para análise.

Um acúmulo acelerado de ácido láctico no músculo poderá resultar em uma perda ou fadiga muscular muito rápida. E é na tentativa de minimizar esse processo, que os atletas escolhem cadências elevadas, que os fazem desenvolver mais força por ciclo de pedalada necessitando de um maior número de fibras de contração lenta. Resultando em uma preservação de energia e um retardo na fadiga muscular.

4.2 - CADÊNCIA E CORRIDA

A velocidade na corrida é regida pelo tamanho e frequência da passada, onde, o tamanho das passadas é influenciado pelo tamanho das pernas, pelo poder de movimentação do quadril, pelo poder da musculatura extensora das pernas, entre outros.

Enquanto, a frequência dessas passadas é influenciada pela velocidade de contração muscular e técnica do movimento (Luttgens e Hamilton, 1997).

Como apontado por Canavagh e Willians (1982, apud Hogberg, 1952) e Kaneko, Matsumoto, Ito e Fuchimoto (1988) durante a corrida em uma dada velocidade existe um ótimo tamanho e uma ótima frequência de passadas que minimizam o consumo de VO_2^{28} .

Kaneko et al. (1987) aponta que a força gasta para elevar o corpo durante a corrida diminuiu exponencialmente com o aumento na frequência de passadas, enquanto que a força gasta para deslocar o corpo à frente permaneceu constante.

Com esses dados podemos verificar que o aumento na frequência e no tamanho da passada durante a corrida pode gerar uma melhora na performance do atleta.

O que torna essa variável favorável para os triatletas, pois segundo recentes estudos, o aumento na cadência no final da etapa de ciclismo pode levar a um aumento na frequência de passada na corrida subsequente, resultando, em um aumento da velocidade e conseqüentemente na performance do atleta (Gottschal e Palmer, 2002).

²⁸ VO_2 - Volume de oxigênio.

4.3 - CADÊNCIA NO CICLISMO E NA CORRIDA

Um dos momentos de maior importância e maior dificuldade em provas de triathlon são as transições. Principalmente as transições do ciclismo à corrida (Anderson, 2000).

Na tentativa de otimizar essa etapa tão importante, muitos autores apontam opiniões divergentes, e não possuem muitos embasamentos científicos. Podem ser divididas em: os que acreditam que o final do ciclismo deva ser desenvolvido com uma cadência elevada, com pouca resistência e iniciar a corrida com passadas longas e lentas (Brick, 1996); os que acreditam que o final do ciclismo deva ser completado com cadências elevadas, pois além de reduzir a força gasta, reduz também o consumo de oxigênio (Niles, 1997), e ainda, há aqueles que acreditam que o final do ciclismo deve ser realizado com pouca cadência, muito resistência e alongamento (Friel, 1998).

Em estudos científicos, os dados apresentados também apontam resultados controversos. Hausswirth (1997) acredita que a eficiência da corrida diminui com após uma sessão de ciclismo, que o tamanho da passada diminui e a flexão do quadril aumenta.

Entretanto, segundo Gottschall e Palmer (2000), ao compararem a performance e a cinemática da corrida após uma sessão de alta intensidade ciclismo, com uma sessão de alta intensidade de corrida, concluíram os atletas que pedalaram antes de correrem, mostraram certa peculiar durante a corrida: aumento na frequência das passadas, diminuição em seu tamanho e ainda, uma melhora na eficiência da corrida, indicada pela frequência cardíaca.

Dois anos depois, Gottschall e Palmer (2002) desenvolveram outro estudo, pela Universidade do Colorado, agora sobre os efeitos da cadência no ciclismo em relação à performance na corrida. Acreditavam que uma elevada cadência poderia auxiliar na performance da corrida, pois segundo estudos da neurociência uma pessoa submetida a uma atividade rítmica por um longo período de tempo, continuaria a apresentar o mesmo padrão de movimento involuntariamente. Por exemplo, Gurfinkel et al. (2000), mostrou que mesmo

após cessado o estímulo inicial, uma perna humana suspensa continua a executar o mesmo padrão de movimento de passada por muitos ciclos.

Neste estudo, Gottschall e Palmer analisaram 13 triatletas homens com uma média de idade de 25, que realizaram 3 sessões de testes com suas próprias bicicletas, em um rolo estacionário. Sendo, 30 minutos de ciclismo a uma cadência e intensidade preferencial e, em seguida, uma corrida de 3,2 quilômetros em uma pista de atletismo de 200 metros.

Nos testes seguintes, o mesmo protocolo foi utilizado, porém a cadência utilizada foi 20% mais rápida e 20% mais lenta, respectivamente, do que a do teste inicial (controle). A frequência cardíaca nos três testes permaneceu a mesma através do ajuste da resistência da bicicleta.

No primeiro teste a cadência escolhida foi em média de 90 rpm, sendo assim, as demais foram, respectivamente, de 109 rpm e 71 rpm. Sempre mantendo uma frequência cardíaca de 164 batimentos por minuto.

Os resultados obtidos corroboraram com as expectativas dos autores, pois triatletas correram 4% mais rápido após a cadência rápida em relação ao teste controle e 7% mais rápido do que após a cadência lenta. Tendo como velocidades relativas, respectivamente, 4,45 m/s, 4,19 m/s e 4,08 m/s.

Houve, também, um aumento significativo na frequência de passada, sendo, em média, de 1,52 passadas por minuto (cadência rápida - CR), 1,42 passadas por minuto (teste controle -C) e 1,35 passadas por minuto (cadência lenta - CL).

Porém como esperado, o tamanho da passada não apresentou diferenças significativas: 2,94 metros por passada (CR), 2,92 metros por passada (C) e 2,99 metros por passada (CL).

Apesar da necessidade de mais estudo a esse respeito, nota-se que uma cadência mais elevada auxilia positivamente a performance da corrida subsequente, pois além de permitir um menor gasto energético e um menor estresse muscular, essa estratégia aumenta a frequência de passadas na corrida, aumentando assim sua velocidade.

CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi analisar variáveis que estão presentes no ciclismo que podem interferir na performance da atleta durante a etapa de corrida nas provas de Triathlon.

No capítulo inicial caracterizei prova de triathlon, mostrando sua rápida evolução (técnica e científica) e seu crescimento e reconhecimento como esporte.

No capítulo seguinte, realizei uma análise comparativa entre o dois tipos de bicicletas utilizadas pelos triatletas em suas competições, tendo como principal objetivo descrever detalhadamente o objeto principal desse estudo (os veículos utilizados por triatletas) identificando, assim, sua relação com essas variáveis.

Além disso, pode verificar que independente da geometria escolhida, existem certos fatores que interferem na performance, tais como, formato e material dos tubos.

No terceiro capítulo, o principal dessa revisão bibliográfica, apresentei as variáveis que pode influenciam o desempenho do atleta tanto na etapa do ciclismo como na etapa da corrida.

Neste capítulo identifiquei as variáveis relacionadas tanto com o atleta quanto com o material utilizado, verifiquei as diferenças entre as bicicletas em relação ao requerimento muscular em cada tipo de quadro, a influência desse requerimento em relação ao requerimento muscular durante a corrida e a importância do posicionamento ideal para cada bicicleta objetivando o equilíbrio entre eficiência e conforto.

Relatei, também, as vantagens do uso de alguns materiais em relação à performance direta no ciclismo e indireta na corrida.

Por fim, procurei analisar um fator vinculado diretamente as características pessoas dos atletas, isso é, o estilo de pedala (cadência) e como isso pode influenciar na corrida.

A partir disso, creio poder concluir que por ser um esporte recente, ainda existem poucos estudos científicos específicos sobre essa modalidade. Porém a partir dos estudos existentes verifica-se que as duas bicicletas utilizadas por triatletas apresentam diferenças significativas que influenciam essas duas etapas.

Os dados indicam que a melhor performance tanto no ciclismo quanto na corrida, em provas com vácuo proibido, ocorre através do uso de bicicletas de triathlon (com *Seat Tube* de 78°), devido ao uso equilibrado da musculatura anterior e posterior da coxa, ao estímulo das mesmas musculaturas requeridas nas duas etapas, ao aumento na cadência e otimização do ciclo de pedalada, ao posicionamento aerodinâmico assumido pelo atleta e pelo uso de certos materiais (as melhoras devido ao uso de tais materiais independe do tipo de bicicleta).

Em relação as provas onde o vácuo é permitido (por motivos de regulamento o uso de certos materiais não é permitido, como o caso dos *aerobars*) acredito que com o devido ajuste na bicicleta e no posicionamento do atleta, o uso de bicicletas com o *Seat Tube* de 78° com o uso de guidão e *clip*, auxiliariam a performance do atleta (dados apontados acima), em relação ao uso das bicicletas de estrada, como ocorre costumeiramente.

Alguns autores relataram uma perda na dirigibilidade em curvas das bicicletas de triathlon, sendo assim, a escolha do uso desse equipamento deve levar em conta o tipo de terreno e percurso presentes tanto nas competições quanto nos locais de treino. Isso é, terreno montanhoso, muito técnico, com muitas curvas são ideais para as bicicletas de estrada, porém em terrenos planos, com pouco desnível e poucas curvas são ideais para as de triathlon.

Existem dados que comprovam a melhora na performance do atleta com o uso deste ou daquele material, porém devemos sempre analisar a situação em que o atleta estará submetido, mas existe a real necessidade de que mais estudos específicos para a modalidade de triathlon sejam realizados, principalmente no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Triathlon. Disponível em: <http://home.san.rr.com/johnstone/>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
2. A CBTri. Disponível em: <http://www.cbtri.org.br/cbtri.asp>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
3. Aparecimento. Disponível em: <http://www.cbtri.org.br/aparecimento.asp>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
4. Brasil. Disponível em: <http://www.cbtri.org.br/brasil.asp>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
5. Brief triathlon history. Disponível em: <http://www.triathlon.org/media-room/media-2003/media-info/triathlon-history.htm>. Acesso em: 08 de Agosto de 2004.
6. Corridas de rua: aspectos históricos. Disponível em: <http://www.efartigos.hpg.ig.com.br/esportes/artigo12.html>. Acesso em: 08 de Agosto de 2004.
7. Federações. Disponível em: <http://www.cbtri.org.br/federacoes.asp>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
8. Historia do triathlon. http://www.ativo.com/materias.php?id_materia=1548&id_esporte=36. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
9. Historia do triathlon. Disponível em: www.triatleta.hpg.ig.com.br/historia.html. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
10. Histórico: conheça a história de todas as modalidades. Disponível em: http://www.webrun.com.br/home/index.php?destinocomum=historico_mostra&id_noticias=43&id_eventos=>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.

11. .ITU. Disponível em: <<http://www.cbtri.org.br/itu.asp>>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
12. .Norma de categorias e distâncias oficiais. Disponível em: <<http://www.cbtri.org.br/docs/Cat&Dist.pdf>>. Acesso em: 05 Agosto de 2004.
13. .Olimpíadas. Disponível em: <<http://www.cbtri.org.br/olimpiadas.asp>>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
14. .Union cycliste internationale: rules. Disponível em: <<http://www.uci.ch/modello.asp?1stLevelID=H&level1=0&level2=0&idnews=2676>>. Acesso em: 23 de Setembro de 2004.
15. .A história da natação contemporânea. Disponível em: <<http://webswimming.tripod.com/pesquisas/pesqhistoria.htm>>. Acesso em: 08 de Agosto de 2004.
16. .Triathlon history. Disponível em: <<http://www.athens2004.com/en/TriathlonHistory>>. Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
17. BLAIR, Kim. Bike frame design. Disponível em: <<http://www.slowlitch.com/mainheadings/techctr/framedesign.html>>. Acesso em: 13 de Agosto de 2004.
18. BLAIR, Kim. The big slam (moving the saddle back). Disponível em: <<http://www.slowlitch.com/mainheadings/techctr/wayback.html>>. Acesso em: 20 de Agosto de 2004.
19. BROWN, Sheldon. Frame materials for the touring cyclist. Disponível em: <<http://www.sheldonbrown.com/frame-materials.html>>. Acesso em: 13 de Outubro de 2004.
20. BUCHANAN, Ian; SHORETT, Sarah. Aerodynamics. Disponível em: <<http://www.fitwerx.com/Newfile/BicycleGeometry.html>>. Acesso em: 14 Outubro de 2004.

21. BUDGE, Andrew. Why should I ride a steep seat angle for a triathlon.
Disponível em: http://www.trysport.com.au/main_article_roadVStt.htm
Acesso em: 14 de Outubro de 2004.
22. CARPES, Felipe Pivetta. Aspectos biomecânicos do ciclismo. Grupo de
Estudo e Pesquisa em Ciclismo (GEPEC) UFSM 2004 Disponível em:
<<http://www.ufsm.br/gepec/gepecbiomec.html>>. Acesso em: 10 de
Agosto de 2004.
23. COBB, Jonh. Aerodynamics of frame tubes. Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/frametube.html>>
Acesso em: 23 de Agosto de 2004.
24. COBB, Jonh. Olympic triathletes can learn a thing or two from the
roadies (and age-groupers can too). Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/olympicbike.html>>.
Acesso em: 13 de Agosto de 2004.
25. COBB, Jonh. Road-to-tri saddle heights. Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/saddleheight.html>>.
Acesso em: 20 de Agosto de 2004.
26. COBB, Jonh; Aerodynamics of frame tube. Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/frametube.html>>
Acesso em: 15 de Agosto de 2004.
27. DANTAS, Ricardo. Aspectos aerodinâmicos no ciclismo: efeito de
técnicas e equipamentos aerodinâmicos: parte II. Disponível em:
<<http://www.totalsport.com.br/colunas/ricardo/ed0500.htm>>. Acesso em:
05 de Novembro de 2004.
28. DANTAS, Ricardo. O vácuo nas provas de triatlo. Disponível em :
<<http://www.rallybrasil.com.br/colunistas/artigo030.html>>. Acesso em: 10
de Setembro de 2004.
29. DEMERLY, Tom. I can't decide! can't decide between a road bike and a
tri -bike? Disponível em:
<<http://www.bikesportmichigan.com/reviews/soloist.shtml>>. Acesso em:
05 de Agosto de 2004.

30. DEMERLY, Tom. 2003 Cannondale ironman 2000. Disponível em:
<<http://www.bikesportmichigan.com/reviews/cannondaleim03.shtml>>.
Acesso em: 05 de Agosto de 2004.
31. DEMERLY, Tom. 2004 Cervelo dual. Disponível em:
<<http://www.bikesportmichigan.com/reviews/dual.shtml>>. Acesso em: 05
de Agosto de 2004.
32. DEMERLY, Tom. Why everybody wants one. Disponível em:
<<http://www.bikesportmichigan.com/reviews/pk2.shtml>>. Acesso em: 05
de Agosto de 2004.
33. DEMERLY, Tom; MCMAHON, Colin. Bar wars. Disponível em:
<<http://www.bikesportmichigan.com/reviews/barwars.shtml>> . Acesso
em: 05 de Agosto de 2004.
34. DERMERLY, Tom. What is the difference between a road bike and a
triathlon bike? Disponível em:
<<http://www.bikesportmichigan.com/bikes/difference.shtml>>. Acesso em:
13 de Junho de 2004.
35. EMPFIELD, Dan. Bike geometry. Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/geometry.html>>.
Acesso em: 13 de Junho de 2004.
36. EMPFIELD, Dan. Intro to cadence. Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/coachcorn/cadence.html>>.
Acesso em: 20 de Agosto de 2004.
37. EMPFIELD, Dan. Rolling resistance. Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/rolling.html>>. Acesso
em: 12 de Agosto de 2004.
38. EMPFIELD, Dan. Cadence. Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/coachcorn/cadence.html>>.
Acesso em: 21 de Agosto de 2004.
39. EMPFIELD, Dan. Intro to training with power. Disponível em:
<<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/coachcorn/power.html>> .
Acesso em: 10 de Agosto de 2004.

40. EMPFIELD, Dan. One man's tale of head tubes. Disponível em: <<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/headtubes.html>>. Acesso em: 18/08/2004
41. EMPFIELD, Dan. Proper bike fit for triathletes. Disponível em: <<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/bikefit.html>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2004.
42. EMPFIELD, Dan. Seat angles and base bars. Disponível em: <<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/basebar.html>>. Acesso em: 05 de Junho de 2004.
43. EMPFIELD, Dan. Tube shapes. Disponível em: <<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/tubeshape.html>>. Acesso em: 18 de Agosto de 2004.
44. EMPFIELD, Dan. What science says of seat angles. Disponível em: <<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/seatangle.html>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2004.
45. EMPFIELD, Dan; COBB, Jonh. Compact frame geometry and aero seat posts. Disponível em: <<http://www.slowtwitch.com/mainheadings/techctr/compact.html>>. Acesso em: 15 de Agosto de 2004.
46. Enciclopédia dos Esportes. A História da natação. Disponível em: <<http://www.museudosesportes.com.br/noticia.php?id=1217>>. Acesso em: 08 de Agosto de 2004.
47. FARIA, Irvin. Cycling: physiology and training. Disponível em: <http://www.sportci.org/encyc/drafts/Cycling_physiol_train.doc> Acesso em: 28 Setembro de 2004.
48. FERNÁNDEZ-GARCÍA, Benjamín; PÉREZ-LANDALUCE, Javier; RODRÍGUEZ-ALONSO, Manuel; TERRADOS, Nicolas. Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. Medicine & Science in Sports & Exercise 32(5):1002 – 1006. Maio 2000.
49. FRIEL, Joe. The triathlete's training bible. Velo Press. 1998.

50. GEPEC. Histórico do ciclismo. Disponível em:
<<http://www.ufsm.br/gepec/gepechistorico.html>>. Acesso em: 08 de Setembro de 2004.
51. GOTTSCHALL, Jinger S.; PALMER, Bradley. The acute effects of prior cycling cadence on running performance and kinematics. Medicine Science and Sports Exercise, Vol. 34, N° 9, pp 1518-1522, 2002.
52. HALL, Susan J. Biomecânica básica. Guanabara Koogan. 3ª Edição. Rio de Janeiro, 1999.
53. HAMILL, J. KNUTZEN, K.M. Bases biomecânicas do movimento humano. São Paulo: Manole, 1997.
54. HAY, James. Biomecânica das técnicas desportivas. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Interamerica, 1981.
55. HEU, O; GALLAIS, D; BOUSSANA, A; CHOLLET, D; PREFAUT, C. Ventilatory responses during experimental cycle-run transition in triathletes. Medicine Science and Sports Exercise, Vol. 31, N° 10, pp 1422-1428, 1999.
56. HOBSON, Wesley. Pedaling technique. Disponível em:
<http://www.runningnetwork.com/productreviewes/bookswimbikerunJune04.html>> Acesso em: 06 Agosto de 2004.
57. HUE, Oliver; GALLAIS, Daniel L. Ventilatory responses during experimental cycle-run transition in triathletes. Medicine Science and Sports Exercise, Vol 31, N° 10, pp. 1422-1428, 1999.
58. ITU. Facts & figures. Disponível em: <<http://www.triathlon.org/itu/itu-general/facts-figures.htm>>. Acesso em: 08 de Agosto de 2004.
59. KANEKO, M; MATSUMOTO, M; ITO, A; FUCHIMOTO, T. Optimum setp frequency in constant speed running. Internacional. Series on biomechanics, volume 6B. USA: Human Kinets, 1987.
60. KENT, Hazen. What should I buy road bike vs. tri bike. Disponível em:
<<http://www.trinewsbies.com/article.asp?ArticleID=11>>. Acesso em: 20 de Setembro de 2004.

61. KNOEK VAN SOEST, A.J.; CASIUS, J. Richard. Which factors determine the optimal pedaling rate in sprint cycling? *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32(11):1927 – 1934. November 2000.
62. KREIGHBDUM, E; BARTHEL, K. Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement - applications of aerodynamics in sport. 4ª Edição. USA: Allyn Bacon, 1996.
63. LUTTGERS, K.; HAMILTON, N. Kinesiology – scientific basis on human motion. 9ª Edição. McGraw-hill Companies, 1997.
64. MARSH, Anthony P. What determines the optimal cadence? *Cycling Science – Editors Mailbox*. California, Summer 1996.
65. MARTIN, Jim. Aerodynamics of cycling. Disponível em: <<http://www.cervelo.com/tech/articles/article5.html>>. Acesso em: 10 Setembro de 2004.
66. MILLET, G; TRONCHE, C; FUSTER, N; CANDAU, R. Level ground and uphill cycling efficiency in seated and standing positions. *Medicine Science and Sports Exercise*, Vol. 34, N° 10, pp 1645-1652,2002.
67. MIONE, Kelly. Ironman triathlon world championship. Disponível em: <<http://vnews.ironmanlive.com/vnews/hystory>>. Acesso em: 15 de Setembro de 2004.
68. MIROURA - Advanced Pro Goods. Indoor trainers. Disponível em: <<http://www.minoura.jp/index-et.html>>. Acesso em: 20 de Agosto de 2004.
69. NABINGER, E; ZARO, M. Variação da eletromiografia na pedalada de um ciclista. VII Congresso Brasileiro de Biomecânica Anais – 28 a 30 de Maio de 1997. Editores: Sociedade brasileira de Biomecânica FEF-UNICAMP, 1997.
70. PADILLA, Sabino; MUJICA, Inigo; ORBANANOS, Javier; ANGULO, Francisco. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32(4):850 - 856 . Abril 2000.

71. PASSFIELD, Louis; DOUST, Jonathon. Changes in cycling efficiency and performance after endurance exercise Medicine & Science in Sports & Exercise 32(11):1935 – 1941. November 2000.
72. PYLE, Steve. Pedal like a pro. Disponível em: <<http://www.tri-ecoach.com/art13.htm>> Acesso em: 20 Setembro de 2004.
73. PYLE, Steve. Perfect bike fit for cyclist, duathletes and triathletes. Disponível em: <<http://www.tri-ecoach.com/art11.htm>>. Acesso em: 20 Setembro de 2004.
74. PYLE, Steve. Proper aerobar fit. Disponível em: <<http://www.tri-ecoach.com/art20.htm>>. Acesso em: 20 Setembro de 2004.
75. TAKAISHI, Tetsuo; ISHIDA, Koji; KATAYAMA, Keisho. Effects of cycling experience and pedal cadence on the near-infrared spectroscopy parameters. Medicine Science and Sports Exercise, Vol. 34, N° 12, pp 2062-2071, 2002.
76. TOO, Danny. Cycling: biomechanics. Disponível em: <http://www.sportci.org/encyc/drafts/Cycling_biomechanics/Cycling_biomechanics.doc>. Acesso em: 28 Setembro de 2004.
77. TOWN, Glenn. Science of triathlon and competition. Human Kinetics Books. 1985.
78. VERKOCHANSSKY, Y.V. Preparação de força especial: modalidades desportivas cíclicas. Rio de Janeiro: Palestra, 1995.
79. WHITE, JulieAnne. The importance of cadence. Disponível em: <http://www.slowtwitch.com/mainheadings/coachcorn/cadence_julie.html>. Acesso em: 20 de Agosto de 2004.
80. WILMORE, J.H. COSTIL, D.L. Fisiologia do esporte e do exercício. 2ed. São Paulo: Manole, 2001.