



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Campus Colatina**

Av. Arino Gomes Leal, 1.700 - Santa Margarida - 29700-558 - Colatina - Espírito Santo
27 - 3723 - 1500

FOLHA DE APROVAÇÃO

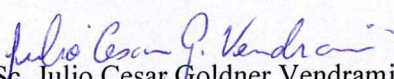
Ariel Soares Simoura Vieira

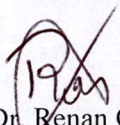
**MAPEAMENTO DE UTILIZAÇÃO DE CÂMBIO EM BICICLETAS DE CICLISMO DE
MONTANHA COMO FERRAMENTA PARA APOIO DE ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS**

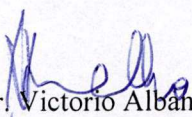
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial para conclusão do curso de Pós-
graduação *lato sensu* em Conectividade e
Tecnologias da Informação.

Aprovado em 12 de dezembro de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. M.Sc. Julio Cesar Goldner Vendramini
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientador


Prof. Dr. Renan Osório Rios
Instituto Federal do Espírito Santo


Prof. Dr. Victorio Albani de Carvalho
Instituto Federal do Espírito Santo

MAPEAMENTO DE UTILIZAÇÃO DE CÂMBIO EM BICICLETAS DE CICLISMO DE MONTANHA COMO FERRAMENTA PARA APOIO DE ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS

MAPPING OF DERAILLEURS USE ON MOUNTAIN BIKES AS A TOOL TO SUPPORT STRATEGY ANALYSIS

Ariel Soares Simoura Vieira¹

Julio Cesar Goldner Vendramini²

Pós-graduação lato sensu em Conectividade e Tecnologias da Informação – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo – IFES³

Resumo: O presente artigo tem por objetivo fazer uma breve explanação sobre o contexto atual de componentes do câmbio de bicicletas de ciclismo de montanha com foco na aplicação de processos de coleta, tratamento e apresentação de dados sobre estes componentes. Além de dissertar sobre os cálculos que fundamentam o processamento de dados para obtenção de gear ratio das atividades de ciclismo a partir das informações de velocidade e cadência, o artigo apresentará um estudo de caso aplicando um sistema web que visa auxiliar atletas, equipes e fabricantes de componentes em suas análises quanto a estratégias de utilização do câmbio de bicicletas através da exposição de gráficos dos dados processados.

Palavras-chave: ciclismo; velocidade; cadência; gear ratio; câmbio.

Abstract: The present article aims to give a brief explanation about the current context of mountain bike derailleurs components focusing on application of data collection, processing and presentation processes on these components. Besides discuss the calculations that underlie the data processing to obtain gear ratio of cycling activities from speed and cadence information, the article will show a case study applying a web data processing system that aims to assist analysis of athletes, teams and component manufacturers about strategies of use of cycling derailleurs by displaying graphs of the processed data.

Keywords: cycling; speed; cadence; gear ratio; derailleur.

1- Autor para correspondência: Ariel Soares Simoura Vieira, arielssvieira@gmail.com.
Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – Universidade Presidente Antônio Carlos.

2 - Professor Orientador: Julio Cesar Goldner Vendramini, julio.vendramini@ifes.edu.br.

3 - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo - IFES Campus de Colatina - ES – Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos várias novidades se popularizaram na comunidade ciclística quanto aos resultados das atividades físicas envolvendo bicicletas. Dados como a rota realizada, frequência cardíaca, cadência do pedivela, altitude e temperatura do momento são alguns exemplos dessa evolução, os quais estão em sua maioria compilados no Strava, a qual é atualmente a maior rede social para ciclistas e corredores (STRAVA, 2019).

Entretanto, tais dados ainda não atendem algumas propostas de análise visto que alguns dados não criam significado quando observados isoladamente, como a cadência, a qual mede o giro dos pedais do atleta, mas não elucida em torno do quanto aquele esforço está impactando na performance, assim como também maior detalhamento da utilização do equipamento em conjunto com o esforço.

Neste estudo iremos mostrar uma alternativa para catalogar as marchas utilizadas em ladeiras com o apoio de uma aplicação construída utilizando a linguagem de programação PHP, a qual irá calcular a marcha utilizada através dos dados de velocidade e cadência fornecidos por um relógio esportivo em conjunto com um sensor de cadência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Mesmo com todos os avanços tecnológicos ocorridos no mundo do ciclismo

nos últimos anos, ainda existe uma grande lacuna a ser preenchida para que um dia possamos começar a nos referirmos às bicicletas como algo *smart* ou similar. Atletas conseguem comparar visualmente as peças que algum outro competidor tenha utilizado na montagem da bicicleta, mas não possuem formas de saber as estratégias por trás da operação destes equipamentos durante provas e treinos.

Atualmente o ciclismo está categorizado em várias submodalidades, onde características como o tipo de terreno e elevação do percurso moldam a escolha do melhor equipamento para prática do esporte. Por equipamento entende-se muito mais que a bicicleta, devido roupas e os equipamentos de proteção precisarem de atenção especial de acordo com a agressividade da modalidade em questão.

Neste estudo iremos nos limitar ao ciclismo de montanha, modalidade conhecida como *Mountain Bike*, comumente citada como MTB, a qual foi a primeira vertente do ciclismo dedicada a pedalar em piso de terra, rochas e similares, criada na década de 1970 nos Estados Unidos por Tom Ritchey, com posterior contribuição de Jobst Brandt e Gary Fisher (COUTO, 2016). Esta modalidade posteriormente deu origem a várias vertentes atuais como *freeride*, *bmX*, *all-mountain*, *ciclocross* e *downhill*.

Aliado ao bom condicionamento físico, o bom uso do câmbio é um dos fatores

determinantes para o sucesso em uma prova de MTB, havendo assim constante busca por sintonia entre o potencial do atleta e a performance que o equipamento pode entregar. Propostas de câmbios automáticos ainda engatinham no mundo do ciclismo de estrada, sem previsão de versões voltadas para o *Mountain Bike*. Assim como componentes de câmbio eletrônicos ainda apresentam-se com faixa de preço muito elevada quando considerada a mesma versão do câmbio em sua forma tradicional, tendo como diferencial majoritariamente a comunicação sem fio entre passador e câmbio, não havendo proposta de relatórios de utilização ou similar.

Existem estudos publicados discutindo a utilização de componentes ciclísticos e sua relação com o desempenho dos atletas, desde suspensão dianteira e traseira (MACRAE, HISE, ALLEN, 2000), tamanhos de roda (HURST, SINCLAIR, ATKINS, RYLANDS, 2016) e outros componentes como medidores de potência (JONES, PASSFIELD, 1998). Todavia, estudos voltados para a atuação do câmbio são raros considerando o nível de importância do trabalho do câmbio, sendo em alguns casos limitados ao estudo da cadência (DIAS, LIMA, NOVAES, 2007) abrangendo apenas parte do sistema que forma o processo da pedalada. Sendo frustrante notar o quão obscuro ainda é para saber claramente como esses atletas têm trabalhado em conjunto com seus equipamentos, especialmente no contexto atual com tantas opções de câmbios existentes, como veremos mais adiante.

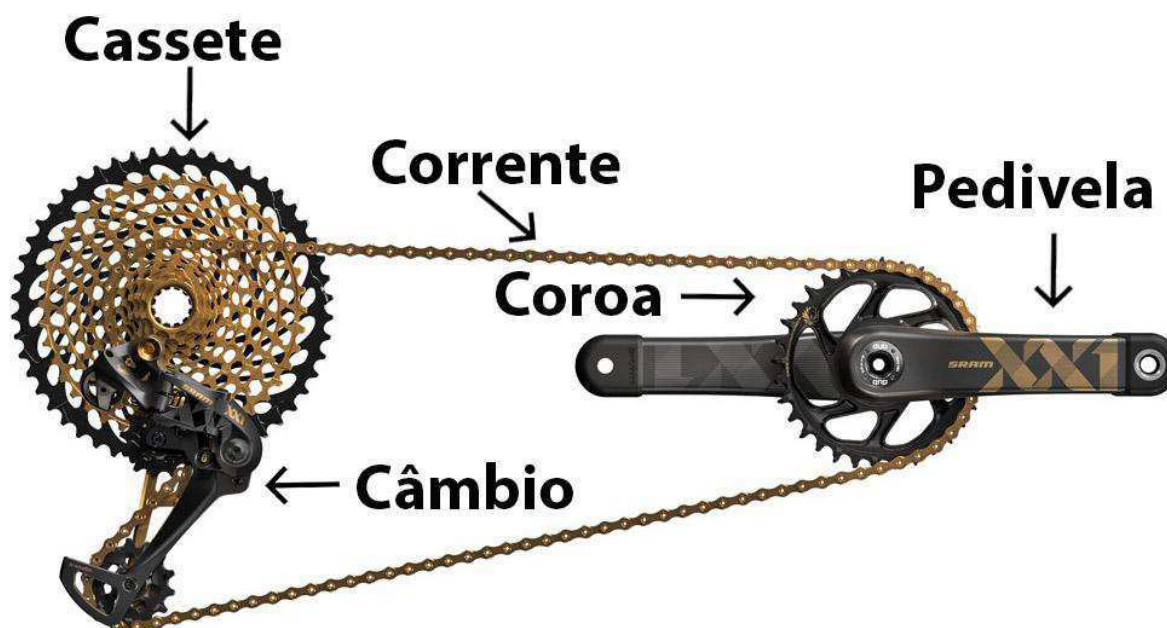
2.1 CÁLCULO DE GEAR RATIO

Em uma primeira impressão, bicicletas são todas iguais. Mas bastam alguns segundos de observação mais detalhada para notar a variedade de componentes, e as variações destes, que caracterizam uma bicicleta de ciclismo de montanha. Inúmeras opções de tamanhos e modelos de quadros, grupos, guidão, freios, câmbios, suspensões, rodas, pneus e diversos outros componentes acabam por desenhar um contexto gigantesco de opções de configurações para construção de uma bicicleta.

Por *grupo* entende-se todos os mecanismos que compõem o sistema que transmite a força aplicada pelas pernas do ciclista para a roda traseira, proporcionando assim o deslocamento deste junto com a bicicleta. Este sistema é composto pelo pedivela, que são os braços que ligam os pedais ao movimento central onde os braços se encontram, as coroas, que são os discos dentados que guiam a corrente na parte dianteira do sistema, a corrente, que conecta o sistema dianteiro (pedivela) ao traseiro (cassete), o cassete, que são os discos dentados localizados na parte traseira, conectadas ao eixo da roda traseira através do *free hub*, e o câmbio, que são os mecanismos que guiam a corrente entre as coroas e *cogs*, os quais realizam de fato o ato da troca de marcha quando acionados pelos ciclista através dos passadores instalados no guidão. Enquanto

cada disco da coroa é chamada apenas de *coroa*, cada disco do cassete é chamado de *cog* ou *catraca*.

Figura 1: Peças que integram o câmbio SRAM XX1 Eagle



Fonte: Site oficial SRAM, com adaptações do autor (2019)

A mudança de posicionamento da corrente entre coroas e catracas é o que possibilita ao ciclista ter em certos momentos a sensação de que a bicicleta está mais leve, conseguindo então pedalar em trechos com alto ganho de altimetria e ângulos notáveis de inclinação, e, em outros momentos adicionar peso ao sistema, proporcionando ganho de velocidade em terrenos mais planos e descidas. Tudo isso está relacionado ao princípio físico envolvendo o estudo de sistemas de roldanas e polias, onde diminui-se a força necessária para mover/erguer um objeto e aumenta-se a distância a ser percorrida pela corda/corrente e vice-versa, de acordo com a escolha de polias (nesse contexto coroa e catraca) disponíveis (GOUVEIA, 2018).

No vocabulário ciclístico, as opções geradas pelas marchas são medidas pelo número de rotações que um giro inteiro do pedivela irá ocasionar nas rodas da bicicleta. “Para entender quanto sua bike vai render com determinada relação, é só dividir o número de dentes da coroa pelo número de dentes do pinhão ou cog.”(CAPIVARA, 2017):

$$Nco / Nca = \text{Gear Ratio}$$

Nco: Número de dentes coroa

Nca: Número de dentes catraca

O resultado desse cálculo é popularmente referido como peso da marcha, todavia não é medido em quilogramas ou qualquer outra unidade de medida de peso. Sendo então o mais apropriado referir-se por *gear ratio* ou *relação entre engrenagens* por

tratar-se da relação entre a rotação do pedivela e das rodas.

Em uma bicicleta comum de vinte e sete velocidades (três coroas e nove catracas, $3 \times 9 = 27$) a menor opção de coroa possui vinte e dois dentes e a maior quarenta. Já o cassete

conta com trinta e seis dentes na catraca maior e 11 na menor. Seguindo a fórmula apresentada e considerando apenas essas quatro opções temos:

Tabela 1: Exemplos de gear ratio em combinações de cambio 3x9

Exemplo Nº	Coroa	Catraca	Giros de roda por giro de pedivela
1	22	36	0,6111
2	22	11	2
3	40	36	1,1111
4	40	11	3,6363

Fonte: Autor

Na primeira combinação apresentada temos um cenário de baixo giro de roda por pedalada. Essa opção é voltada para subidas de maior dificuldade, quando existe necessidade de deixar a bicicleta mais leve, semelhante a se utilizar a primeira marcha em um carro.

A segunda combinação usa a mesma coroa de 22 dentes, mas agora com o cassete em sua menor opção, a de 11 dentes. Repare que o número de voltas da roda é 2, significando que a cada pedalada as rodas realizam duas voltas. Entretanto, a opção 2 e 3 de utilização do câmbio não são recomendadas em um contexto real, devido o tensionamento excessivo o qual a corrente é submetida ao utilizar a menor coroa e menor catraca na opção 2 e maior coroa e maior catraca na opção 3. Outras opções de peso disponíveis na

coroa intermediária (32 dentes) podem proporcionar o mesmo resultado sem agredir a corrente e demais componentes, como por exemplo 32 (coroa) - 15 (cassete), gerando 2,133 giros de roda por pedalada.

A quarta opção apresentada é a que mais provê deslocamento ao ciclista por pedalada realizada. Para efeito de ciência sobre o tamanho desse deslocamento, considere que a banda de rolagem de uma bicicleta aro 29'' com pneus de largura de 2.2 polegadas é de 2,1 metros. Sendo assim, ao utilizar 40 (coroa) - 11 (cassete) é percorrido aproximadamente 7,63 metros por pedalada ($3,6363 \times 2,1 = 7,63...$). Tem-se aqui a marcha mais pesada disponível neste sistema apresentado, o que equivaleria comparar-se a utilizar a quinta marcha em um carro popular.

A importância do estudo da utilização do câmbio fica claramente perceptível quando comparado o deslocamento de marchas vizinhas, como 40 (coroa) - 13 (cassete), que resulta em 3,076 giros de roda por pedalada, e um deslocamento de 6,46 metros. Considere por exemplo dois ciclistas, um usando a relação em 40 (coroa) - 11 (cassete) e outro em 40 (coroa) - 13 (cassete) pedalando na mesma cadência de 80 rpm. Após um minuto pedalando, ou seja, após 80 giros de pedivela (80 rpm) o primeiro ciclista terá percorrido 610,9 metros. Já o segundo terá percorrido 516,9 metros. Noventa e quatro metros de diferença em apenas um minuto de comparação. Em provas, onde é normal duração de duas, três horas ou até mais, fica perceptível o quão maior essa diferença ficaria caso um atleta estivesse sempre apenas uma marcha mais pesada que o outro.

Observado esse cálculo, é muito fácil apontar e dizer que a melhor estratégia é colocar na marcha mais pesada e seguir, e em um cenário utópico onde o terreno é totalmente plano isso poderia até, teoricamente, dar certo. Todavia, da mesma forma que não é possível

andar com o carro sempre em quinta marcha, também não é plausível tal estratégia em bicicletas. Especialmente em subidas, que são o foco de nosso estudo.

De forma semelhante onde uma marcha diferente resulta em uma distância diferente percorrida quando dois ciclistas são comparados, o nível de esforço e consequente desgaste do atleta também varia. Tal diferença de esforço pode ser notada pelas variações no ritmo cardíaco de acordo com a estratégia utilizada.

3 PROCESSOS METODOLÓGICOS: MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foi utilizado um relógio esportivo da fabricante Garmin, modelo Forerunner 235 (figura 2), o qual fornece dados quanto ao deslocamento registrado pelo GPS e ritmo cardíaco para a proposta de observação deste artigo.

O relógio estava conectado via conexão sem fio ANT+ a um sensor de cadência marca Magene, modelo Gemini210 (figura 3) instalado no braço esquerdo do pedivela.

Figura 2: Relógio esportivo Garmin Forerunner 235



Figura 3: Sensor de cadência Magene Gemini210



Fonte: Anúncio na Amazon (2019)

A cada segundo o relógio registra: latitude, longitude, altitude, velocidade em metros por segundo, batimentos cardíacos, cadência, hora e data atual.

Tais dados são o bastante para calcular o peso da marcha utilizada naquele momento, provendo também possibilidade de previsão da combinação de coroa/catraca utilizada baseado no peso de marcha obtido.

Como visto na seção anterior, o citado peso da marcha é na verdade o número de rotações que a roda executa em relação a um giro do pedivela. Sendo assim, é fundamental saber o número atual de rotações da roda, para então realizar o cálculo do peso da marcha.

Comumente as perguntas que surgem no mundo em temas que envolvam sensoriamento são respondidas instalando mais um sensor para a dúvida informada. Sendo assim, um sensor adicional de aferindo na roda resolveria a questão. Todavia, além de aumentar o custo de implantação da solução proposta, se observarmos com um pouco mais de calma notaremos que já temos os dados

necessários para obter a RPM da roda. Um sensor a menos aproxima mais a solução para utilização real em atletas já na atualidade.

RPM é a abreviação de Rotações Por Minuto (PRIBERAM, 2019), a qual é utilizada como unidade de medida da Cadência, a qual segundo Guedes (2017) pode ser descrita simplesmente como a sua velocidade de pedalada, medida em rotações por minuto, ou RPM, sendo este o número de vezes que seus pedais fazem círculos completos em 60 segundos de pedalada. Em nossos cálculos lidaremos com a cadência, que é o termo para referência das rotações por minuto do pedivela (pedais) e com o *gear ratio*, também citado como peso de marcha, o qual refere-se a rotação por minuto das rodas em relação a rotação por minuto do pedivela. O uso do termo RPM mostra-se importante neste momento devido em partes do cálculo lidarmos com rotações por segundo, havendo necessidade de conversão para rotações por minuto.

Como dito anteriormente, o Forerunner 235 fornece a velocidade em metros por segundos. Já foi mencionado também neste artigo que a banda de rolagem de um pneu aro 29'' é de 2,1 metros. Com esses dois dados é possível o cálculo de quantos giros por segundo uma roda estaria executando, seguindo a seguinte fórmula:

$$\text{Gear Ratio} = (((\text{VKm} / 3,6) / \text{Cr}) \times 60) / \text{Cad}$$

VKm: Velocidade em Km/h

Cr: Comprimento da banda de rolagem do pneu

Cad: Cadência do pedivela

Na fórmula, a velocidade informada em quilômetros por hora é dividida por 3,6 visando conversão para metros por segundo. Após isso a velocidade em metros por segundo é dividida pela banda de rolagem do pneu, obtendo-se assim as rotações por segundo da roda. Este valor então é multiplicado por 60 para equalização com a grandeza utilizada pela cadência do pedivela, a Rotação Por Minuto. Por fim, a divisão da RPM da roda pela RPM do pedivela resulta no Gear Ratio, que é a relação entre uma rotação completa do pedivela e o número de rotações que a roda executará a partir deste.

Considere por exemplo um ciclista a 20 km/h. Para converter essa velocidade para metros por segundo divide-se este número por 3,6, resultando em 5,555 m/s. Em sequência, dividindo a velocidade pela banda de rolagem do pneu, encontraremos 2,455 giros por

segundo. Para converter de giros por segundo para giros por minuto, multiplica-se este número por 60, obtendo-se 147,3. Por isso o reforço no termo *minuto* nos parágrafos anteriores.

Considerando um cenário hipotético onde o sensor de cadência do pedivela registre 80 giros por minuto, obtemos a relação entre rotação de roda e pedivela dividindo um pelo outro, onde em nosso exemplo resultaria em $147,3 / 80 = 1,84$. Tal relação entre giro de roda e giro de pedivela é o já mencionado peso de marcha, o qual possibilita uma presunção de o ciclista estar utilizando 32 dentes na coroa e 18 no cassete, por exemplo, visto que $32 / 18 = 1,777$. Dificilmente o peso calculado irá ser exatamente o peso teórico que uma marcha gera, por isso considerasse intervalos. A próxima marcha no sistema observado seria 32(coroa) e 15(cassete), com um peso teórico de 2,133, que é muito mais distante do 1,84 gerados pela marcha anterior, por isso considera-se a marcha anterior como a presumida de estar sendo utilizada.

3.2 CASO PRÁTICO

Para teste prático de mapeamento de uso do câmbio, foram registradas quatro atividades no mesmo percurso em uma ladeira localizada na cidade de Baixo Guandu/ES conhecida popularmente como Morro do BANESTES.

Um ciclista de 29 anos, pesando 80 quilogramas e 1,69m de altura percorreu o

trecho duas vezes no dia 21 de Novembro de 2019 com uma bicicleta Caloi Elite 20 (figura 4) de 3 coroas (22-32-40 dentes) e 9 catracas (40-34-28-24-21-18-15-13-11 dentes) e no dia

seguinte duas vezes com uma bicicleta RAVA (figura 5) utilizando 1 coroa (34 dentes) e 11 catracas (50-42-36-32-28-24-21-18-15-13-11 dentes).

Figura 4: Bicicleta Caloi Elite 20 utilizada no estudo



Fonte: Autor (2019)

Figura 5: Bicicleta RAVA utilizada no estudo



Fonte: Acervo pessoal de Wilson Losi de Oliveira (2019)

O percurso de aproximadamente 565 metros de distância conta com diferença de elevação positiva de 66 metros entre o ponto

inicial definido na base da ladeira e o ponto final no topo.

O piso estava nas mesmas condições em todas as quatro atividades, onde apresentava vestígios de umidade das chuvas dos dias anteriores, mas sem trechos onde pudesse haver perda de tração ou similar. As condições climáticas também foram semelhantes nos dois dias, com sol entre nuvens.

Após captura da atividade houve extração para um computador através de conexão USB utilizando cabo próprio do Forerunner 235 do arquivo de extensão .FIT existente na pasta *ACTIVITY*. Tal formato é inviável para trabalho direto em aplicações que não sejam vinculadas com a Garmin, para isso houve conversão para .CSV utilizando o software GPSTabel no formato *Universal csv with field structure in first line*, com adição manual de um elemento de nome Z ao final do array do header para melhor reconhecimento dos demais elementos pelo software de processamento.

Posteriormente, os dados foram importados em uma aplicação desenvolvida em PHP para este estudo a qual vinculava a atividade com um atleta previamente cadastrado, podendo assim gerar um histórico de atividades por atleta e a configuração de

câmbio utilizada. É no momento da importação que o sistema calcula o *gear ratio* e a marcha estimada de cada segundo de atividade.

Nesta aplicação, os dados da atividade eram armazenados para o banco de dados local. O banco contava com três tabelas, sendo Atividade, Dados e Atleta. A tabela Atividade era responsável por catalogar o cabeçalho das atividades, como atleta, hora e data de início. Na tabela Dados foram armazenados os dados detalhados da atividade, os quais foram capturados pelo relógio a cada segundo enquanto esta era realizada, armazenando o nome da atividade, latitude, longitude, altitude, velocidade, frequência cardíaca, hora da captura, data, peso de marcha calculado, peso de marcha considerado e marcha. A tabela Atleta armazenava um cadastro básico dos atletas, sendo nome, peso, idade e altura, os quais eram preenchidos pelo usuário antes da importação da atividade para processamento, para então vinculação do atleta com a atividade.

Após importados, os dados eram disponibilizados informando a frequência cardíaca média, *gear ratio* médio e duração da atividade (figura 6).

Figura 6: Captura de tela de informações de duração de atividade e média de frequência cardíaca e *gear ratio*

[Voltar para resultados](#)

Frequência cardíaca média	Gear Ratio Médio	Duração de atividade
192.08571428571	1.0882792887837	00:03:38

Em sequência o usuário tem um gráfico de área (figura 7) comparando o *gear ratio* calculado pela aplicação e a opção mais

próxima que deveria ser considerada como *gear ratio* da marcha estimada distribuído pela evolução de segundos de atividade.

Figura 7: Captura de tela de gráfico de *gear ratio* calculado e *gear ratio* considerado

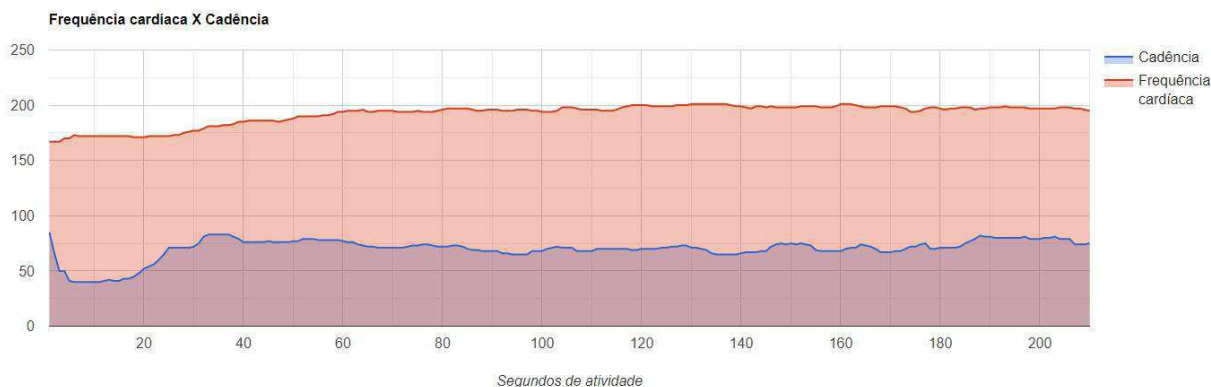


Fonte: Sistema de mapeamento de câmbio (2019)

Abaixo deste gráfico foi disponibilizado gráfico de área comparando a cadência em Rotações Por Minuto capturada no pedivela com a frequência cardíaca em

Batimentos Por Minuto do mesmo momento no intuito de criar formas visuais de comparação do esforço realizado baseado nesses dados de batimentos por minuto (figura 8).

Figura 8: Captura de tela de gráfico de cadência e frequência cardíaca



Fonte: Sistema de mapeamento de câmbio (2019)

Após esse gráfico havia tabela completa com todos dados capturados e processados da atividade (figura 9).

Figura 9: Captura de parte do Log Completo da atividade

Hora	Latitude	Longitude	Altitude	Velocidade	Freq. Cardiaca	Cadência	Ratio Calculado	Ratio Considerado	Marcha
17:39:02	-19.518912	-41.018485	100.4	15.804	167	85	1.371160853722	1.416666667	34-24
17:39:03	-19.518851	-41.018538	100.8	15.912	167	66	1.7779565567176	1.888888889	34-18
17:39:05	-19.518818	-41.018561	101.0	15.624	167	50	2.3044247787611	2.266666667	34-15
17:39:06	-19.518784	-41.018583	101.4	16.236	170	50	2.3946902654867	2.266666667	34-15
17:39:07	-19.518749	-41.018606	101.6	16.092	170	41	2.8944528383337	3.090909091	34-11
17:39:08	-19.518715	-41.018631	101.8	16.956	173	40	3.1261061946903	2.615384615	34-11
17:39:09	-19.518681	-41.018658	101.8	16.524	172	40	3.0464601769912	3.090909091	34-11
17:39:10	-19.518651	-41.018691	102.0	16.524	172	40	3.0464601769912	3.090909091	34-11
17:39:11	-19.518620	-41.018723	102.0	16.776	172	40	3.0929203539823	2.615384615	34-11
17:39:12	-19.518588	-41.018754	102.2	17.784	172	40	3.2787610619469	2.615384615	34-11
17:39:13	-19.518554	-41.018784	102.8	17.388	172	40	3.2057522123894	2.615384615	34-11
17:39:14	-19.518520	-41.018814	102.8	17.532	172	41	3.1534642780056	2.615384615	34-11
17:39:15	-19.518487	-41.018844	103.0	17.676	172	42	3.1036662452592	2.615384615	34-11
17:39:16	-19.518453	-41.018875	103.0	17.82	172	41	3.20526656594	2.615384615	34-11
17:39:17	-19.518420	-41.018907	103.0	17.496	172	41	3.1469889920138	2.615384615	34-11
17:39:18	-19.518391	-41.018943	103.2	17.784	172	43	3.0500102901832	3.090909091	34-11
17:39:19	-19.518365	-41.018983	103.2	18.396	172	43	3.1549701584688	2.615384615	34-11
17:39:20	-19.518337	-41.019022	103.4	18.792	171	45	3.0796460176991	3.090909091	34-11
17:39:21	-19.518306	-41.019059	103.4	18.252	171	48	2.804203539823	2.615384615	34-13
17:39:22	-19.518274	-41.019095	103.6	17.964	171	52	2.5476514635807	2.615384615	34-13
17:39:23	-19.518242	-41.019130	103.6	18.144	172	54	2.4778761061947	2.615384615	34-13
17:39:24	-19.518212	-41.019165	103.8	17.532	172	56	2.308786346397	2.266666667	34-15
17:39:25	-19.518184	-41.019202	104.6	16.884	172	60	2.0752212389381	1.888888889	34-18
17:39:26	-19.518157	-41.019235	105.2	15.444	172	65	1.7522123893805	1.619047619	34-21
17:39:27	-19.518133	-41.019263	105.8	12.852	172	71	1.3349121276331	1.416666667	34-24
17:39:28	-19.518112	-41.019287	106.4	11.808	173	71	1.2264738875732	1.214285714	34-28
17:39:29	-19.518095	-41.019310	107.0	10.656	173	71	1.1068178985417	1.0625	34-32
17:39:30	-19.518082	-41.019334	107.4	10.332	175	71	1.0731646516266	1.0625	34-32
17:39:31	-19.518077	-41.019360	107.8	10.8	176	71	1.1217748971706	1.0625	34-32
17:39:32	-19.518084	-41.019388	108.2	12.204	177	72	1.25	1.214285714	34-28
17:39:33	-19.518102	-41.019414	108.4	12.78	177	75	1.2566371681416	1.214285714	34-28

Fonte: Sistema de mapeamento de câmbio (2019)

4 RESULTADOS

Nas quatro atividades realizadas, houve repetição de padrões quanto a diferença de performance entre a primeira e segunda escalada com a mesma bicicleta. Tal padrão já era esperado devido o baixo tempo de recuperação do ciclista entre percorridas do percurso de teste, sendo a segunda atividade

em cada bicicleta mais útil para alimentação do sistema do que análise de performance de fato.

Sendo assim, apenas os dados da primeira escalada de cada bicicleta serão contabilizados para comparação entre câmbios. As médias foram maiores na configuração na bicicleta RAVA com configuração 1x11, tanto no peso de marcha quanto esforço observado.

Tabela 2: Resultados de atividades

Bicicleta	Frequência cardíaca média	Gear Ratio médio	Duração
Caloi elite 20 - 3x9	171.85185185185	0.86488627759071	00:04:06
RAVA - 1x11	192.08571428571	1.0882792887837	00:03:38

Fonte: Sistema de mapeamento de câmbio (2019)

Maior média de *Gear Ratio* na RAVA resultou em menor tempo para percorrer o percurso. A média elevada da RAVA justifica-se devido sua opção de marcha mais leve ser 34-50, gerando 0,680 giros de roda por pedalada, o qual é muito mais que os 0,55 giros de roda por pedalada disponíveis na Caloi usando 22-40. Por outro lado, utilizar apenas uma coroa trouxe ganho em tempo de passagem de marcha, visto que é comum haver contratempos durante mudança de coroas em sistemas com mais de uma coroa, especialmente quando existe barro no passador, o que é situação bem comum no *mountain bike*. No teste realizado houve este tipo de contratempo com a Caloi Elite 20, onde foi preciso acionar e desfazer mais de uma vez o trocador de marcha da coroa para que a opção de 22 dentes fosse utilizada.

Vale destacar também o maior desgaste do ciclista na opção 1x11 percebido claramente na tabela através de maior média de batimentos cardíacos por minuto, onde foi observado

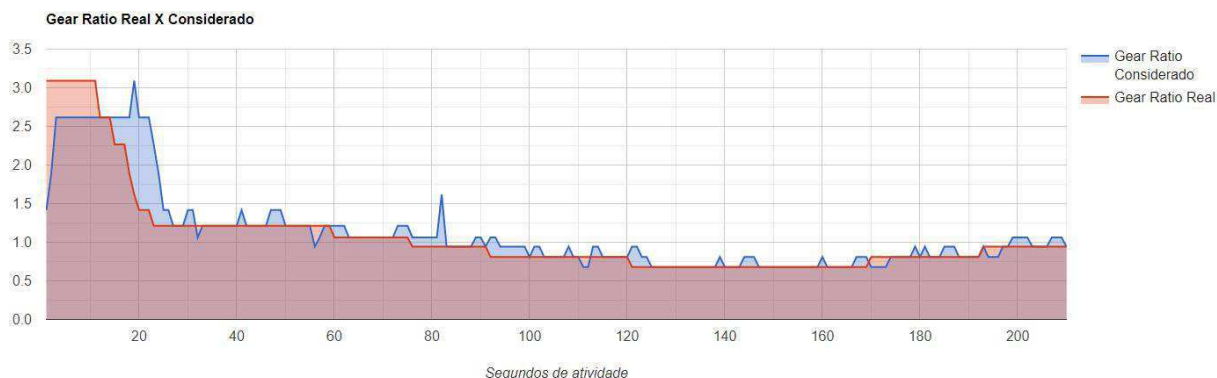
maior esforço para manter a rotação acima de 60 RPM na cadência do pedivela, número mínimo necessário para obter um movimento fluído de deslocamento.

5 DISCUSSÃO

Análise realizada entre os dados coletados e monitoramento por vídeo (figura 10) realizado durante as atividades apontam que as informações de *gear ratio* atendem a proposta inicial deste estudo, que é estimar o peso de marcha (*gear ratio*) utilizado usando como base as informações de cadência e velocidade registrada. Os dados capturados na opção 1x11 mostraram-se bem mais preciso do que os dados da configuração 3x9. Houve certo nível de ruído nas leituras e notou-se atraso de três a quatro segundos para o sistema calcular e notar a mudança de marcha (figura 11). Sendo assim, convém listar uma série de limitações observadas nesta experiência.

Figura 10: Análise de vídeo para validação de sistema de mapeamento

Fonte: Autor (2019) – Disponível em <https://youtu.be/DeWrSQMDwfk>

Figura 11 Comparação entre *Ratio Considerado* e *Ratio Real* extraído de análise em vídeo

Fonte: Autor (2019)

A primeira e talvez mais importante é a falta de precisão dos dados de velocidade gerados pelo Forerunner 235. Uma vez que utiliza os dados do GPS para cálculo de velocidade, anomalias mínimas de longitude, latitude e altitude foram capazes de gerar ruído no resultado de rotação de roda calculada, gerando medições duvidosas de marcha utilizada naquele momento. Enquanto havia-se

linearidade nos dados de cadência, os dados de velocidade saltavam em certas capturas de maneira que não havia justificativa para a diferença entre o valor lido e valor observado no segundo anterior. Tal anomalia gerou variações curtas, de duração entre um a quatro segundos, que não refletem o realizado quando comparado com log de vídeo. Tal situação pode inviabilizar a análise destes dados por

softwares de mineração de dados e apoio da decisão.

Outra limitação observada foi quanto a ordem recomendada de progressão de marchas utilizando-se o sistemas de três coroas e o realmente realizado pelo ciclista. Uma vez que no sistema de três coroas existe a possibilidade de torção de corrente devido uso de combinações não recomendadas de coroa e catraca, o software foi construído considerando apenas as combinações recomendadas. Todavia, mesmo não sendo recomendadas, essas combinações são na maioria dos casos possíveis de utilizar, apenas gerando ruídos na corrente e passadores. No teste realizado para este artigo foi observado o uso dessas combinações, gerando estimativas erradas quanto a marcha utilizada, devido o cálculo de aproximação entre *gear ratio* calculado e *gear ratio* da marcha mais próxima correspondente. Dessa forma, o sistema em sua versão atual mostrou-se mais eficaz em contextos de utilização de uma coroa. De fato, as leituras geradas pela combinação 1x11 mostraram-se inclusive com menos ruído quando comparadas com as leituras de sistemas 3x9.

O sistema também mostrou-se confuso em seu cálculo na fase inicial da escalada, onde ainda existem resquícios de velocidade de pedaladas que antecedem o momento medido. Tal confusão ocorre devido em trechos de menor inclinação positiva (planos, semi-planos e descidas) gerarem rotação de roda maior do que seria gerada apenas por uma pedalada comum. Podendo a cadência do pedivela em

questão ser apenas movimento remanescente nos pedais, e não emprego de força de fato.

Como última limitação, vale listar que para fins de estudos mais detalhados de ciência esportiva e medicina esportiva, seria recomendado aliar esta ferramenta ao uso de máscaras de monitoramento de consumo de oxigênio e monitores musculares para maiores detalhes de esforço físico, assim como sensores de frequência cardíaca com maior precisão do que o existente no Forerunner 235.

Mesmo com as limitações observadas, ainda vale ressaltar a utilidade desses dados para estudo de estratégias e similares, visto que conhecendo *o gear ratio* utilizado é possível planejar estratégias semelhantes a já utilizadas por outros atletas em qualquer trecho de escalada que se possua informação de velocidade e cadência.

6 CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentado um pouco do cenário atual dos componentes de ciclismo de montanha e como o uso de sistemas de coleta, processamento e apresentação de dados podem vir a ser aliado de personagens envolvidos com a modalidade, gerando informações para análises e propostas de estratégias de competições, desenvolvimento de componentes.

Houve apresentação da relação entre as opções de coroas e catracas, e como essas relações influenciam na velocidade e

capacidade de escalada de um ciclista, através de formula apresentada para calculo de gear ratio.

Foi apresentado um sistema de processamento de dados capturados através de um relógio esportivo e um sensor de cadência, o qual calculava o *gear ratio* a partir da velocidade informada pelo relógio e cadência de pedalada executada em dado momento, visando através deste resultado estimar a marcha que estava sendo utilizada, podendo gerar informações consumíveis para usuários do meio esportivo.

Os resultados mostraram-se com certo nível de ruído, especialmente na configuração de câmbio de 3 coroas e 9 catracas, mas ainda assim válidos para *insights* e similares.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em plena era da informação ainda é comum no meio esportivo cenários onde se observa algo fora do comum, como o desempenho de um atleta ou manobra/jogada específica, e tal acontecimento fica registrado apenas pelo seu mérito, sem pesquisas detalhadas sobre as condições que proporcionaram tal evento e sobre o rendimento do atleta em si. Caso desse tipo ocorreu em 11 de Abril de 2019 em Morro do Chapéu/BA, onde o atleta amador que posteriormente ficou conhecido popularmente como Elias *Negão* da Monark venceu na categoria atletas locais utilizando uma bicicleta

voltada para uso urbano (RICARDO, 2019). O caso repercutiu na comunidade ciclística pela força de vontade do atleta. Todavia, é válido questionar se apenas isso é o bastante para justificar o destaque de Elias. Baseado na aplicação descrita neste artigo, seria prático mapear a performance de Elias com adição de um sensor de cadência ao seu pedivela, desvendando o *gear ratio* que estava utilizado, o qual provavelmente devia ser enorme baseado no tamanho reduzido do cassete e no exagero de coroa utilizada. Podendo esses dados mudarem o pensamento dos demais ciclistas que participaram daquela prova, mostrando que focar em conseguir manter maiores médias de peso de marcha pode ser uma ideia interessante, por exemplo.

Este artigo, ao conseguir calcular a rotação da roda utilizada os dados de velocidade e conhecimento prévio do tamanho da roda, também traz a reflexão sobre o quão realmente sensoriar significa adicionar sensores. Especialmente no contexto do ciclismo, onde pancadas, vibrações, poeira, barro e água são comuns durante as atividades, prejudicando não apenas as leituras de sensores voltados para prototipação como também a vida útil destes.

A partir do estado atual do sistema proposto, várias extensões deste são possíveis. O emprego de mineração de dados e técnicas de apoio à decisão podem compilar diferentes performances em um mesmo trecho e sugerir uma estratégia, otimizando o tempo para percorrer, peso de marcha e batimentos

cardíacos. Outra extensão promissora é realizar os mesmos testes com um GPS de uso profissional, o qual geraria dados mais confiáveis de velocidade. Dentre as propostas futuras, um aplicativo dedicado traria um contexto mais rico de informações durante a atividade, tanto monitorando a própria performance, quanto acompanhando dados de outra atividade realizada na mesma rota. Através de integração com a API do Strava, pode ser viável também estudo de dados de gear ratio de qualquer ciclista que utilize um sensor de cadência o qual também seja sabido a configuração de câmbio utilizada por este na atividade. Em um cenário ainda mais promissor, a inclusão da análise de gear ratio dentro do Strava seria uma solução ainda mais completa. Além disso tudo, implementação de opções de câmbio 1x12, 2x9, 2x10 e 3x10 em qualquer um dos caminhos que a solução seguir.

Como já mencionado na introdução, câmbios eletrônicos ainda são pouco acessíveis, sendo estes a opção mais próxima que poderia fornecer os dados gerados na solução apresentada neste artigo. Mesmo assim, o propósito destes câmbios atualmente não inclui a monitoração de sua utilização.

A utilização do sensor Magene Gemini210 mostra-se como um ponto de partida acessível para que soluções de monitoramento e análise de gear ratio sejam implementadas já na atualidade. Além disso, o sensor é compatível com qualquer marca de

ciclocomputador com conexão Bluetooth ou ANT+. Sendo assim, até mesmo ciclistas em fase inicial no esporte, os quais ainda usam o *smartphone* para gravar suas atividades, poderão obter seu histórico de *gear ratio* ao aderir à utilização do sensor de cadência. Podendo neste contexto utilizarem um aplicativo para visualização em tempo real do acompanhamento do câmbio, como mencionado nas propostas futuras.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu mecânico e parceiro de pedal Wilson Losi de Oliveira, o qual além de cuidar da minha bicicleta também foi quem despertou em mim o interesse em cálculos envolvendo os sistemas de câmbio e cedeu a RAVA com configuração 1x11 utilizada neste estudo. Ao meu orientador Julio Vendramini, o qual me manteve motivado durante toda jornada de construção deste estudo, sempre prestando todo auxílio para desenvolvimento desta ideia. Aos meus amigos Charles Binsfeld e Ricardo Binda pela compreensão quanto a minha ausência dos jogos online nos últimos meses e a Rennan Guzzo por em uma simples conversa sobre Fórmula 1 me dar o *insight* de que é possível sensoriar algum componente a partir de outros elementos em torno deste.

REFERÊNCIAS

CAPIVARA, Edu. Como calcular a relação das marchas. **Pedaleria**. Fev. 2017. Disponível em: <http://www.pedaleria.com.br/calculo-relacao-marchas-bike/>. Acesso em 20/12/2019.

COUTO, Vanessa Rodrigues. Mountain bike. **InfoEscola**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/esportes/mountain-bike/>. Acesso em 08/11/2019.

DIAS, Marcelo Ricardo; LIMA, Jorge R. Perrou de; NOVAES, Jefferson da Silva. Cadência de Pedalada no Ciclismo: Uma Revisão de Literatura. **Motri.**, Santa Maria da Feira, v. 3, n. 1, p. 270-278, jan. 2007. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-107X2007000100002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 25/12/2019.

GOUVEIA, Rosimar. Polias. **Toda Matéria**. Nov 2018. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/polias/>. Acesso em 18/12/2019.

GUEDES, Guilherme Guimarães. Aprenda de vez!!! A cadência ideal para o Ciclismo e o Mountain Bike. **BikeTribe**. jun. 2017. Disponível em: <https://www.biketribes.com.br/aprenda-de-vez-cadencia-ideal-para-o-ciclismo-e-o-mountain-bike/>. Acesso em 25/12/2019.

HURST, Howard; SINCLAIR, Jonathan; ATKINS, Stephen; RYLANDS, Lee; METCALFE, John. The effect of mountain bike wheel size on cross-country performance. **National Center for Biotechnology Information**. ago. 2016. DOI: 10.1080/02640414.2016.1215498. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27477738>. Acesso em 14/10/2019.

JONES, Simon L. Peyton; PASSFIELD, Louis. The dynamic calibration of bicycle power measuring cranks. **University of Kent**. 1998. Disponível em <https://kar.kent.ac.uk/27863/>. Acesso em 16/11/2019.

MACRAE, HS-H; HISE, KJ; ALLEN, PJ. Effects of front and dual suspension mountain bike systems on uphill cycling performance. **National Center for Biotechnology Information**. jul. 2000. DOI: 10.1097/00005768-200007000-00014. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10912893>. Acesso em 16/11/2019.

PRIBERAM. RPM. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/rpm>. Acesso em 18/12/2019.

RICARDO, Léo. **Desafio de Mountain Bike 2019**. Disponível em: <https://leoricardonoticias.com.br/2018/dia-a-dia/desafio-de-mountain-bike-2019-evento-muito-show-parabens-thiago-britto-ag-sport/>. Acesso em 23/11/2019.

STRAVA. **STRAVA**. Disponível em: <https://www.strava.com/>. Acesso em 18/12/2019.