

## **A PEDALADA EM CICLISMO: ESTUDO DAS DIFERENÇAS CINEMÁTICAS ENTRE A ANÁLISE DIGITAL DE IMAGEM 2D E 3D**

Vitor Milheiro<sup>1</sup>; Hugo Louro<sup>1</sup>; Ana Conceição<sup>1</sup>; Marco Branco<sup>1</sup>; João Brito<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Instituto Politécnico de Santarém

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi comparar as diferenças cinemáticas entre a análise digital 2D e 3D em movimentos do ciclismo que ocorrem maioritariamente no plano sagital. Participaram no estudo 8 indivíduos do sexo masculino, praticantes de ciclismo recreativo, com uma idade de  $23 \pm 3$  anos, uma altura de  $1,70\text{m} \pm 0,05$  e um peso de  $70\text{kg} \pm 5\text{kg}$ . Os atletas pedalarão numa bicicleta assente em rolos e utilizaram 2 posições de guiador. Foram utilizadas 3 câmaras e colocados marcadores reflexivos na bicicleta e no atleta. Os resultados obtidos não evidenciaram diferenças significativas entre os métodos 2D e 3D nas variáveis estudadas, o que nos permite sugerir que em futuras investigações similares possam ser adotados procedimentos de análise 2D, minimizando assim a complexidade dos recursos utilizados e a quantidade de dados a analisar.

Palavras-chave: Biomecânica, cinemática, análise digital, ciclismo, 2D e 3D.

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to compare the differences between the kinematic analysis in digital 2D and 3D movements of cycling that occur mostly in the sagittal plane. A sample of 8 males practitioners of recreational cycling, with an age of  $23 \pm 3$  years, height of  $1.70 \pm 0.05$  m and a weight of  $70\text{kg} \pm 5\text{kg}$ . The athletes pedaled a bicycle based on rolls and used 2 position handlebar. We used three cameras and reflective markers placed on the athlete and on the bike. The results showed no significant differences between the methods in 2D and 3D variables, allowing us to suggest that in future similar investigations can be adopted 2D analysis procedures, thus minimizing the complexity of the resources used and the amount of data to analyze.

Keywords: Biomechanics, kinematics, digital analysis, cycling, 2D and 3D

## **INTRODUÇÃO**

Apesar de muito estudados, no ciclismo e no BTT ainda existem algumas questões relativas à influência da técnica de pedalada no rendimento do atleta. Têm sido desenvolvidos inúmeros protocolos com base em cinemetria 2D e 3D para explicar as características mecânicas dos movimentos da pedalada (Erikson et al 1998, Gregorson et al 2003 e Ruby et al 1992). Porém, a maior parte dos estudos sobre cinemática no ciclismo têm utilizado o método 2D (Hansen et al, 2004), uma vez que esta metodologia possibilita uma grande redução no volume de dados e é menos exigente na instrumentação utilizada. Outros autores, como Ericson et al. (1998) e Diefenthaeler et al. (2006) têm realizado análises cinemáticas 3D no ciclismo para medir erros na leitura de dados cinemáticos e para analisar a carga e os momentos de força intersegmentares das articulações envolvidas na pedalada. Embora a maioria dos estudos analise o ciclismo em apenas 2 dimensões, estudos de Gregerson et al (2003), Gregor et al (1996) e Ruby et al (1992) verificaram a existência de movimentos nos planos frontal e transversal na articulação do joelho e que o excesso de movimento nestes 2 planos está relacionado com o aparecimento de dor no joelho. Com base nestes dados, os autores sugerem que no ciclismo se devem privilegiar análises de movimento em 3D, em vez de análises 2D.

No sentido de identificar se durante a pedalada existem articulações onde apenas há movimentos no plano sagital, quisemos comparar as diferenças entre as análises 2D e 3D, em vários ângulos intersegmentares do ciclista. Assim, o objetivo deste estudo foi comparar a análise digital 2D e 3D em movimentos do ciclismo que ocorrem maioritariamente no plano sagital, através de variáveis cinemáticas angulares.

## **METODOLOGIA**

Participaram no estudo 8 indivíduos do sexo masculino, praticantes de ciclismo recreativo, com uma idade de  $23 \pm 3$  anos, uma altura de  $1,70\text{m} \pm 0,05$  e um peso de  $70\text{kg} \pm 5\text{kg}$ . Os atletas utilizaram uma bicicleta Orbea assente sobre uns rolos de ciclismo Tacx e equipada com um potenciômetro SRM Training System (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha). Todos os indivíduos foram informados dos riscos e benefícios dos testes, e assinaram um termo de responsabilidade.

Através dos procedimentos de Lemond & Gordis (1987), a altura do selim e o comprimento da bicicleta foram calculados multiplicando a altura entre pernas por 0.883 e por 0.67. Todos os ciclistas usaram sapatos de encaixe.



**Figura 1 - Um atleta durante as recolhas**

Os atletas foram filmados através de três vídeo camaras Casio NP20 Exilim colocadas a uma altura de 1,20m e a uma distância de 4,00m do ciclista. Uma camara foi colocada perpendicularmente ao lado direito do ciclista e as outras duas obliquamente ao ciclista, formando entre si um ângulo de 60 graus. As camaras de vídeo foram sincronizadas através de um sinal luminoso e para a calibração foi utilizado um volume de calibração com 1,50m x 1,50m x 1,50m. Foram utilizados 4 pontos de calibração

coplanares na análise 2D e 8 pontos não coplanares na análise 3D. Os atletas pedalaram um minuto em cada situação e foi analisado um *frame* dos últimos 5 ciclos, na posição em que o *crank* direito estava na posição mais baixa (a 180º). Foram colocadas marcas refletoras no calcâneo, no segundo metatarso, no maléolo lateral, no grande trocânter, no acrômio, no centro de rotação gleno-umeral, na apófise estilóide do rádio, no pedal e no eixo pedaleiro. Foram analisados 16 vídeos 2D e 32 vídeos 3D referentes às imagens captadas pelas 3 câmaras nos 8 atletas da amostra. As variáveis analisadas foram duas alturas do guidador e os ângulos intersegmentares da tíbio-társica, coxa-perna, coxa-tronco, tronco-braço e braço-antebraço. A análise digital das imagens foi realizada através do software APAS articulares (Ariel Performance Analysis System, Ariel Dynamics Inc., USA), a uma taxa de amostragem de 50 Hz. Para o tratamento estatístico foi utilizado o teste T de Pares através do programa SPSS 20.0 e o grau de significância inferior a 0,05.

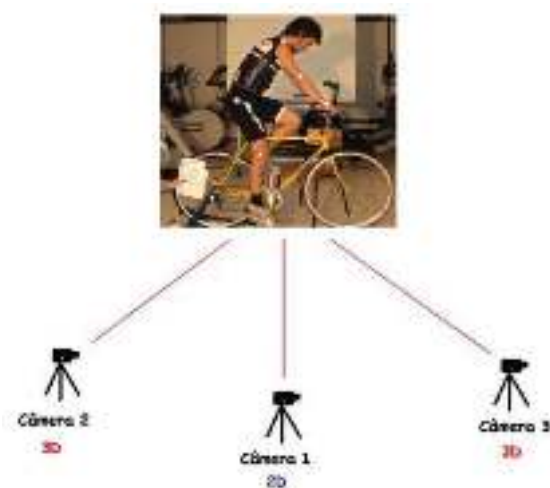


Figura 2 – A colocação das câmaras

## RESULTADOS

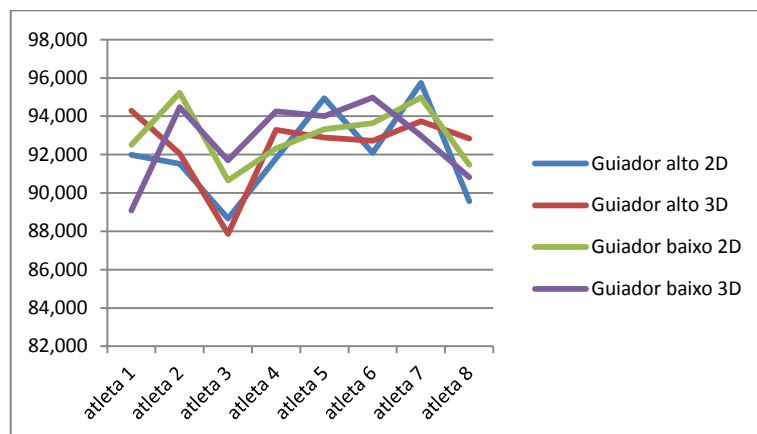
A partir dos dados obtidos no módulo *display* do programa APAS, por cada atleta e em cada situação, selecionámos os resultados relativos ao plano sagital no instante em que o *crank* estava em baixo na posição vertical (180º).

**Tabela 1 – Resultados da média, desvio padrão e teste T, relativos aos ângulos analisados, em 2D e 3D, e com os ciclistas a pedalar com o guidador baixo e com o guidador alto. (\* diferenças significativas).**

<b>Guiador Baixo</b>				
Ângulos	2D	3D	t	signif
tornozelo	93,01 ± 1,59	92,78 ± 2,07	0,347	0,739
joelho	70,05 ± 1,78	69,03 ± 1,88	6,24	<b>0,001 *</b>
coxa tronco	85,74 ± 1,26	86,06 ± 1,70	-0,711	0,500
tronco braço	44,32 ± 2,70	44,13 ± 3,20	0,378	0,716
braço antebraço	149,5 ± 2,38	149,5 ± 2,55	-0,038	0,997
<b>Guiador Alto</b>				
Ângulos	2D	3D	t	signif
tornozelo	92,04 ± 2,38	92,04 ± 2,38	-0,614	0,558
joelho	69,13 ± 2,21	69,5 ± 2,06	-0,664	0,558
coxa tronco	99,12 ± 4,86	98,33 ± 4,11	2,21	0,062
tronco braço	49,76 ± 2,54	49,75 ± 2,54	0,006	0,996
braço antebraço	140,95 ± 3,84	141,02 ± 3,83	-0,116	0,911

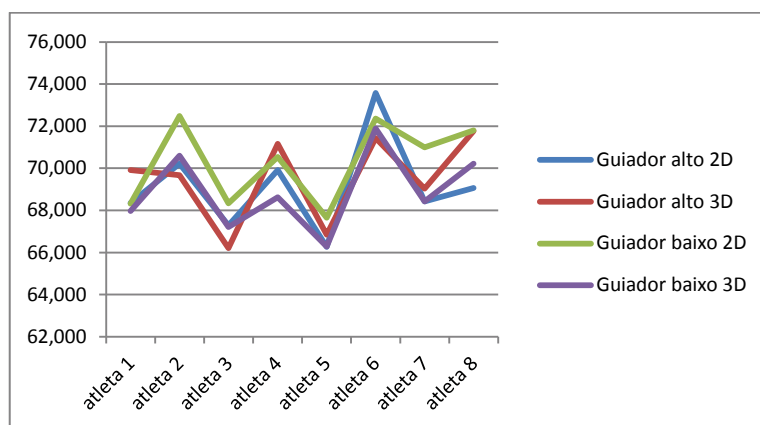
Os resultados do ângulo da articulação tíbio társica mostraram a não existência de diferenças significativas, quer na situação do guidador baixo, quer na situação de guidador alto, o que revela que os movimentos da pedalada nesta articulação ocorrem essencialmente no plano sagital.

A grande semelhança entre os valores obtidos na situação de guidador baixo e guidador alto, parecem indicar que a articulação tíbio társica não foi afetada pela posição do guidador.



**Figura 3 – Representação gráfica dos resultados obtidos na comparação entre 2D e 3D no ângulo da articulação tíbio-társica, na situação de guiador alto e guiador baixo**

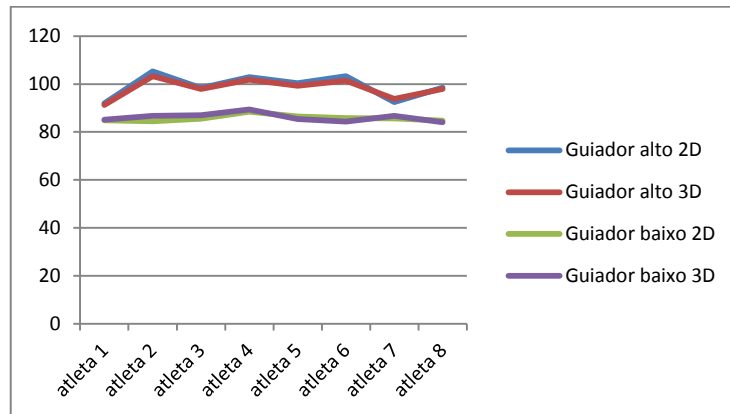
Ao compararmos os métodos verificamos que os resultados entre 2D e 3D no ângulo coxa-perna, evidenciaram diferenças entre as execuções, mas apenas na situação do guiador baixo, onde foram significativas as diferenças entre o 2D ( $70,05 \pm 1,78$ ) e o 3D ( $69,03 \pm 1,88$ ). Nesta situação a diferença entre as médias foi a maior, o que pode ser interpretado por alguns atletas revelarem uma menor estabilidade na articulação perna-coxa, com pequenos movimentos noutros planos para além do plano frontal. Na situação de guiador alto os resultados não evidenciaram diferenças significativas entre o 2D ( $69,13 \pm 2,21$ ) e o 3D ( $69,5 \pm 2,06$ ).



**Figura 4 – Representação gráfica dos resultados obtidos na comparação entre 2D e 3D no ângulo coxa-perna, na situação de guiador alto e guiador baixo**

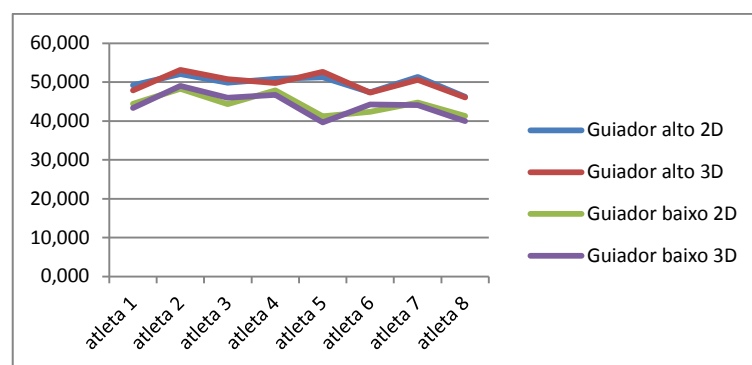
Os resultados entre 2D e 3D no ângulo coxa-tronco foram diferentes com o guiador alto e com o guiador baixo. Na situação de guiador baixo não foram encontradas diferenças significativas entre o 2D ( $85,74 \pm 1,26$ ) e o 3D ( $86,06 \pm 1,70$ ). Com o guiador

alto e apesar da não existência de diferenças significativas entre o 2D ( $99,12 \pm 4,86$ ) e o 3D ( $98,33 \pm 4,11$ ), na probabilidade de erro definida, a maior diferença entre as médias e o maior desvio padrão, parecem indicar que alguns atletas tenham apresentado uma maior instabilidade nesta situação.



**Figura 5 – Representação gráfica dos resultados obtidos na comparação entre 2D e 3D no ângulo coxa-tronco, na situação de guiador alto e guiador baixo**

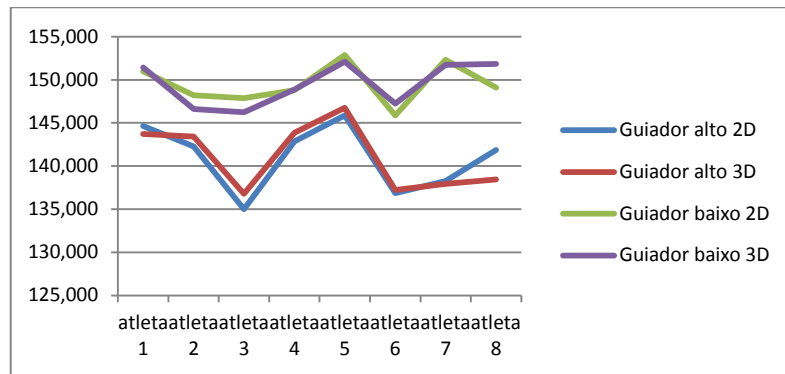
Os resultados do ângulo formado entre o tronco e o braço mostraram a não existência de diferenças significativas, quer na situação do guiador baixo, quer na situação de guiador alto, o que revela que no movimento da pedalada nesta articulação ocorre essencialmente no plano sagital. A grande semelhança entre os valores obtidos na situação de guiador baixo e guiador alto, parecem indicar que o ângulo formado entre o tronco e o braço não foi afetado pela posição do guiador.



**Figura 4 – Representação gráfica dos resultados obtidos na comparação entre 2D e 3D no ângulo tronco-braço, na situação de guiador alto e guiador baixo**

Os resultados do ângulo formado entre o braço e o antebraço mostraram a não existência de diferenças significativas, quer na situação do guiador baixo, quer na

situação de guiador alto, o que revela que no movimento da pedalada nesta articulação ocorre essencialmente no plano sagital. A grande semelhança entre os valores obtidos na situação de guiador baixo e guiador alto, parecem indicar que o ângulo formado entre o braço e o antebraço não foi afetado pela posição do guiador.



**Figura 5 – Representação gráfica dos resultados obtidos na comparação entre 2D e 3D no ângulo braço-antebraço, na situação de guiador alto e guiador baixo**

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas variáveis estudadas não evidenciaram diferenças significativas entre os métodos 2D e 3D. Embora os valores absolutos sejam distintos, os resultados permitem-nos sugerir que em futuras investigações similares possam ser adotados procedimentos de análise 2D, minimizando assim a complexidade dos recursos utilizados e a quantidade de dados a analisar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Diefenthaeler, F.; Bini, RR.; Nabinger, E.; Guimarães, ACS.; Carpes, F.P. & Mota, C.B. (2006). Assessment of the effects of saddle position on cyclists pedaling technique. *Med Sci Sports Exerc*; 38(5):181.
- Ericson, M.O.; Nisell, R.; Nemeth, G. (1998). Joint motions of the lower limb during ergometer cycling. *J Orthop Sports Phys Ther*, 9:273-278.
- Hansen, E.A.; Jorgensen, L.V. & Sjogaard, G. (2004). A physiological counterpoint to mechanistic estimates of “internal power” during cycling at different pedal rates, *Eur J Appl Physiol*, 91: 435–442.



Lemond, G. & Gordis, K. (1987). Greg LeMond's complete book of bicycling. New York: Perigee Books. pp. 118-145.

Gregersen, C.S. & Hull, M.L. (2003). Non-driving intersegmental knee moments in cycling computed using a model that includes three-dimensional kinematics of the shank/foot and the effect of simplifying assumptions. *J Biomech.* 36:803–813.

Gregor, R.J. & Fowler E. (1996). Biomechanics of cycling. In: Zachazewski JE, Magee DJ, Quillen WS, eds. *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Philadelphia, Pa: WB Saunders Co: 367–388.

Ruby, P.; Hull, M.L. & Hawkins, D. (1992). Three dimensional knee loading during seated cycling. *J Biomech* 25:41-53.