

S.P.B. REVISTA

SOCIEDADE PORTUGUESA DE BIOMECÂNICA

NÚMERO . 02 — 2022

S P B SOCIEDADE
PORTUGUESA
DE BIOMECÂNICA





Revista da Sociedade Portuguesa de Biomecânica

Editores

António Completo e Henrique Almeida

Editor Convidado

José Simões

Conselho Científico

André Vieira, Universidade da Beira Interior
António Completo, Universidade de Aveiro
António Ramos, Universidade de Aveiro
António Veloso, Universidade de Lisboa
Aurélio Faria, Universidade da Beira Interior
Carolina Vila-Chã, Instituto Politécnico da Guarda
Daniel Marinho, Universidade da Beira Interior
Elza Fonseca, Instituto Politécnico do Porto
Fernando Fonseca, Universidade de Coimbra
Henrique Almeida, Instituto Politécnico de Leiria
João Folgado, Universidade de Lisboa
João Tavares, Universidade do Porto
João Paulo Vilas-Boas, Universidade do Porto
Joana Reis, Universidade de Évora
Jorge Belinha, Instituto Politécnico do Porto
Jorge Ferreira, Universidade de Aveiro
José Luís Alves da Universidade do Minho
José Simões, Universidade de Aveiro
Luís Roseiro, Instituto Politécnico de Coimbra
Marco Parente, Universidade do Porto
Marco Santos, Universidade de Aveiro
Mário Vaz, Universidade do Porto
Miguel Tavares da Silva, Universidade de Lisboa
Paulo Fernandes, Universidade de Lisboa
Paulo Roriz, Instituto Universitário da Maia
Pedro Martins, INEGI
Renato Natal, Universidade do Porto
Rubim Santos, Instituto Politécnico do Porto
Rui Guedes, Universidade do Porto
Rui Ruben, Instituto Politécnico de Leiria



Revista da Sociedade Portuguesa de Biomecânica

Nº 2, 2022

Conteúdos

José António Simões		Editorial
Pedro Forte, Tiago M. Barbosa, Jorge E. Morais e Daniel A. Marinho	1	A aplicação das simulações numéricas no desporto – Passado, presente e futuro
Fernanda Virtuoso, David Lira Nuñez e João Rocha	7	Integration of design failure mode and effects analysis (DFMEA) and design science research (DSR) to ergonomic design of laparoscopic handle
Emanuel Serrano, Liliana Vitorino e Henrique A. Almeida	25	Análise e estabelecimento de projeções das tecnologias aditivas na medicina para o horizonte de 2030
Filipa Silva, Renato Maia, Henrique Martins, Edauro Abade e Paulo Roriz	43	Alterações na marcha induzidas por exaustão através de saltos verticais
Inês Simões Peres, Jorge Ferreira e Marco Soares dos Santos	51	Plataforma extracorporal para gestão de rede de sensores capacitivos para monitorização do estado de fixação osso-implante em implantes instrumentados

Editorial

Caros Colegas,
Caros Membros da Sociedade Portuguesa de Biomecânica,

O primeiro número da Revista da Sociedade Portuguesa de Biomecânica foi disponibilizado em 1 de fevereiro de 2020. Mais de dois anos depois temos disponível o segundo número. Infelizmente, é uma evidência que urge corrigir tão rapidamente quanto possível, pois dificilmente poderemos desenvolver um projeto editorial cientificamente sustentável e que possa, como era referido no Editorial da primeira revista, honrar a tradição científica e formativa na área de conhecimento da Biomecânica, assim como consolidá-la. É, certamente, imperioso, que todos nós tenhamos a consciência de que é necessário contribuir com os nossos trabalhos, os nossos artigos, para que se possa fazer, anualmente, pelo menos, duas edições da Revista.

Este segundo número é composto por seis artigos, todos abordando temáticas de investigação diferentes, sendo um deles em parceria com colegas investigadores brasileiros, o que é salutar e de estimular que próximos contributos possam incluir mais artigos em colaboração com investigadores estrangeiros.

Assim, no primeiro artigo, os autores, de diversas instituições de ensino superior, apresentam a utilização da simulação numérica no desporto numa perspetiva do passado, presente e futuro. O segundo artigo aborda o desenvolvimento de um punho ergonómico para sistemas de laparoscopia e resulta de uma parceria que conta com a colaboração de colegas investigadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Brasil. Um grupo de investigadores do Instituto Politécnico de Leiria realizaram um estudo e projetam para o horizonte 2030 a utilização de tecnologias aditivas em diversos domínios da medicina. O quarto artigo teve como objetivo estudar as alterações na marcha induzidas por exaustão através de saltos verticais, tendo a participação, no estudo, de vinte e quatro estudantes universitários de desporto. Finalmente, colegas investigadores da Universidade de Aveiro desenvolveram um protótipo de uma aplicação web que permite monitorizar uma rede de sensores capacitivos em co-superfície, que juntamente com um sistema de sensorização, apresenta elevado potencial para a monitorização contínua de implantes instrumentados baseados numa rede de condensadores através de um sistema de comunicação sem fios.

Finalizo este editorial solicitando aos investigadores, membros e não membros da SPB, portugueses e não portugueses, para enviarem-nos artigos de investigação científica, ou outros de interesse, pois é a única maneira de manter “viva esta chama” e a vontade de fazer com que a biomecânica portuguesa cumpra a sua nobre e importante missão: contribuir para a resolução de problemas de saúde das pessoas e seu bem-estar.

Aveiro, 8 de novembro de 2022

José António Simões (Editor Convidado)

A aplicação das simulações numéricas no desporto – Passado, presente e futuro

Pedro Forte^{1,2,3,*}, Tiago M. Barbosa^{2,3}, Jorge E. Morais^{1,2,3} e Daniel A. Marinho^{3,4}

¹*Departamento de Desporto e Educação Física, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal*

²*Departamento de Desporto, Instituto Superior de Ciências Educativas do Douro, Penafiel, Portugal*

³*Research Centre in Sports Sciences, Health Sciences and Human Development (CIDESD), Covilhã, Portugal*

⁴*Departamento de Ciências do Desporto, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal*

Resumo

Avaliar e controlar as mais diversas variáveis no âmbito dos estudos na área das ciências do desporto permite a melhoria dos resultados, o aumento da competitividade e extrapolar os limites do conhecimento. Em desportos em que o tempo final e a velocidade são o fator principal da performance, a minimização da resistência desempenha um papel fundamental nos desportistas. Tal minimização das forças resistivas, permitem atingir as velocidades máximas mais cedo e mais rápido. O arrasto é dependente da velocidade e assim, existe a necessidade de se minimizar o arrasto tanto quanto possível. A avaliação do arrasto tem sido feita cada vez mais com recurso às simulações numéricas devido ao maior controlo de fatores ambientais, minimização da variabilidade inter- e intra-individual e, portanto, porque permite no geral um melhor controlo dos inputs. Assim, este trabalho pretende rever alguns estudos sobre a aplicação das simulações numéricas em diferentes contextos desportivos e identificar lacunas na literatura de forma a potenciar a sua aplicação no intuito de resolver diferentes problemas desportivos.

1. Enquadramento

A aplicação tecnológica no desporto tem vindo a permitir melhorar os resultados desportivos (Hanna, 2012; Forte, Barbosa & Marinho, 2015). Em modalidades desportivas em que o tempo é a variável chave para a quantificação da performance, a velocidade e aceleração são determinantes (Forte et al., 2018; Forte et al., 2020). Em diferentes desportos, a avaliação da resistência que atua sobre um desportista foca-se essencialmente na quantificação do arrasto. Quanto maior a velocidade, maior será o seu contributo para o arrasto (Forte et al., 2018b).

O arrasto pode ser medido através de: (1) métodos analíticos; (2) métodos experimentais (como a dinâmica inversa, os estudos em túnel de vento), e; (3) simulações numéricas, nomeadamente através da dinâmica computacional de fluidos (CFD) (Forte et al., 2015). A CFD é válida e precisa para a obtenção de resultados de arrasto e permite controlar fatores ambientais e problemas relacionados com a variabilidade inter- e intra-individual dos desportistas (Forte et al., 2020d). Por isso, a CFD tem vindo a ser utilizada quer para quantificação, predição e otimização da performance, através de uma melhor compreensão do escoamento dos fluidos em torno dos desportistas (Blocken et al., 2018).

Este artigo de revisão tem como principal objetivo evidenciar algumas investigações utilizando simulações numéricas através de CFD aplicadas ao desporto. As investigações que maioritariamente sustentam este artigo de revisão breve resultam das atividades académicas e de consultoria dos autores. Através do presente artigo, apresentam-se pontos fulcrais para reflexão, apontando lacunas concretas, destacando problemas, e deixam uma tentativa de enumerar linhas de reflexão e investigação futura afim de melhorar e elevar a qualidade profissional dos diferentes especialistas das ciências do desporto. A problemática da aplicação das simulações numéricas ao desporto está longe de atingir a perfeição, com a aplicação singular e metodologias comuns a vários estudos. É esperado com este trabalho que, diferentes grupos de investigação, adquiram uma perceção acerca daquilo que foi realizado com recurso às simulações numéricas e aquilo que ainda pode ser feito. Assim, este artigo pode servir como ponto de partida para futuras investigações. Este artigo de revisão permite a diferentes investigadores lançarem-se num conjunto de temáticas novas, originais e inéditas nas ciências do desporto.

Posto isto, é objetivo deste artigo fazer uma revisão e análise das potenciais aplicações das simulações numéricas em desporto, levantar problemas e apresentar possíveis estudos futuros.

*Autor para correspondência: Pedro Forte

2. Aplicação das simulações numéricas ao Desporto

Nos últimos anos temos vindo a assistir a um aumento da utilização das simulações numéricas nas ciências do desporto (Hanna, 2012). Esta metodologia, permite a avaliação do escoamento dos fluidos, e tem vindo a ser utilizada essencialmente em desportos em que a velocidade e o tempo de prova são os indicadores da performance (Marinho et al., 2010; Costa et al., 2015; Barbosa et al., 2018; Forte et al., 2020). As simulações numéricas através de CFD centram-se essencialmente na avaliação das forças resistivas, nomeadamente do arrasto (Barbosa et al., 2018; Forte et al., 2020b).

A CFD tem vindo a ser utilizada quer para o estudo de equipamentos (fatos, capacetes, aerofoil), quer para a análise da técnica individual em diversas modalidades (Marinho et al., 2012; Forte et al., 2020c; Sims & Jenkins, 2011). Esta metodologia permite o controlo de fatores ambientais e minimiza o efeito da variabilidade inter- e intra-individual (Forte et al., 2018; Forte et al., 2020b; Forte et al., 2020d). Permite ainda analisar posturas estáticas sem que haja alteração involuntária ou não programada do movimento (Forte et al., 2018; Barbosa et al., 2018). Assim, a CFD permite-nos analisar um sujeito ou um equipamento considerando-o como um sistema determinístico. Pese embora, a CFD não seja considerada um método de avaliação “*gold standard*”, pode ser considerado um procedimento válido, preciso e fiável para avaliação em situações específicas no campo de atuação das ciências do desporto (Forte, Barbosa & Marinho, 2015; Forte et al., 2020b; Barbosa et al., 2018).

Desde os anos 2000 que a CFD tem sido utilizada para melhoria do rendimento desportivo, foi utilizada para desenvolver fatos de natação que permitiam reduzir o arrasto significativamente e, portanto, uma melhoria significativa dos tempos de prova (Hanna, 2012). Diversas modalidades têm vindo a recorrer cada vez mais à CFD para melhoria do rendimento nesta procura de evolução da tecnológica desportiva (Marinho et al., 2012; Forte et al., 2018; Forte et al., 2020d).

Várias são as aplicações da CFD nas ciências do desporto relacionadas com a melhoria da performance dos praticantes, em ambiente aquático ou terrestre. A avaliação das forças resistivas (arrasto) são o principal resultado desta metodologia. É possível obter diferentes resultados de arrasto, nomeadamente o arrasto total, de pressão e de viscosidade, e os respetivos coeficientes de arrasto. O arrasto de pressão resulta essencialmente das diferenças de pressão do escoamento do fluido entre as fronteiras anteriores e posteriores do objeto/geometria. O arrasto de viscosidade é dado pela quantidade de camadas de fluido que ficam adjacentes ao objeto/geometria (Forte et al., 2020b; Forte et al., 2020c). A soma do arrasto de pressão e de viscosidade determina o arrasto total. Já no caso do meio aquático, por vezes importa o estudo do arrasto de onda, especialmente quando o corpo se encontra a deslocar no interface ar-água ou muito próximo deste. Posto isto, este artigo de revisão breve da literatura apresentará a variedade de análises aerodinâmicas e hidrodinâmicas com recurso à CFD e perspetivas de investigação futura com recurso a esta metodologia.

3. Avaliações hidrodinâmicas e as aplicações no Desporto

Na última década vários autores têm avaliado o arrasto hidrodinâmico com recurso à CFD (Marinho et al., 2009; Costa et al., 2015). Esta metodologia tem vindo a ser utilizada para melhor entendimento do escoamento do fluido (água) em torno do corpo de um sujeito (nadador) (Marinho et al., 2009). Na natação, os autores pioneiros na utilização da CFD foram Bixler e Schloder (1996). Marinho et al. (2009) e Bixler et al. (2007) procuraram estudar a força resistiva ao deslocamento. Para Rouboa et al. (2006) a necessidade de calcular o arrasto de um nadador, resulta essencialmente da necessidade de o movimento que ocorre em meio aquático ser significativamente dependente da interação do sujeito e do fluido.

Com base nos pontos fortes desta metodologia alguns estudos têm vindo a ser feitos no que diz respeito à validação e avaliação da robustez de métodos de avaliação de arrasto. Barbosa e colaboradores utilizaram a CFD como método válido para comparar o arrasto estimado com recurso a modelos analíticos (Barbosa et al., 2018). Na fase de deslize do nadador, os modelos analíticos, apesar de apresentarem viés, mostraram-se concordantes com as análises feitas em CFD (Barbosa et al., 2018).

Costa et al. (2015), utilizaram a CFD para prever o escoamento do fluido em torno de um nadador (Figura 1). Os autores avaliaram o arrasto e o respetivo coeficiente em diferentes profundidades na posição de deslize (Marinho et al., 2009b; Mantha et al., 2014). Noutro estudo, foi possível verificar a avaliação do arrasto do sujeito em posição de deslize em decúbito dorsal e decúbito ventral. Também é possível verificar análises à técnica individual com recurso à CFD, nomeadamente no que diz respeito à posição dos dedos do nadador (Marinho et al., 2009c; Marinho et al., 2009d; Marinho et al., 2015; Marinho et al., 2012; Marinho et al., 2012). No que diz respeito ao desenvolvimento tecnológico e empresarial, um conjunto de investigadores testou diferentes fatos de natação com diferentes marcas através da CFD (Marinho et al., 2012) e o efeito da utilização das toucas (Marinho et al., 2011). Mais ainda, Laurent et al. (2013) avaliaram o coeficiente de arrasto com recurso à CFD numa pá de remo para caiaque e Mantha et al. (2013), avaliaram o arrasto de diferentes designs de caiaques.



Figura 1. Exemplo da malha de um modelo tridimensional de um nadador para simulações numéricas (avaliações hidrodinâmicas).

Todas as avaliações hidrodinâmicas acabam por ter um único propósito, a minimização das forças resistivas (para além da optimização das forças propulsivas). O arrasto é a principal resistência que atua sobre um nadador ou uma embarcação, pelo que para a mesma força propulsiva gerada, quanto menor for o arrasto, menor a resistência e melhor o rendimento desportivo.

4. Avaliações aerodinâmicas e as aplicações no Desporto

Vários estudos têm vindo a ser desenvolvidos para análise do arrasto aerodinâmico nas ciências do desporto (Forte et al., 2020; Forte et al., 2020b; Forte et al., 2018) (Figura 2). Em Portugal, vários estudos foram efetuados no que diz respeito a estudos do arrasto nas provas de velocidade em cadeiras de rodas e no ciclismo em sujeitos saudáveis (i.e. sem deficiência física) e amputados (Forte et al., 2020; Forte et al., 2020b; Forte et al., 2020e; Forte et al., 2018).

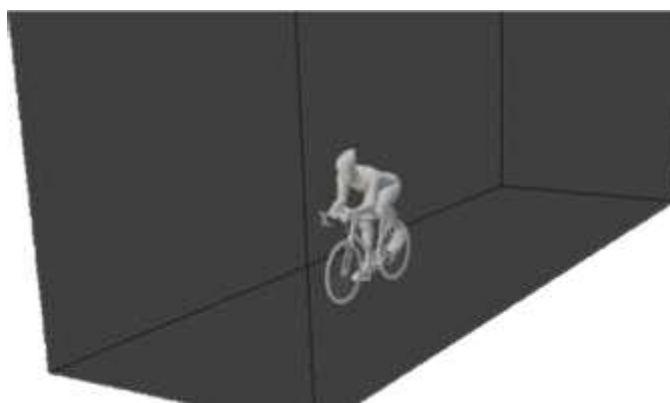


Figura 2. Exemplo de uma caixa e da geometria tridimensional de um ciclista para simulações numéricas (avaliações aerodinâmicas).

Nos últimos anos, temos vindo a observar estudos que testam diferentes equipamentos (por ex., capacetes) (Forte et al., 2016; 2020). Forte e colaboradores avaliaram capacetes normais e de contrarrelógio a velocidades ajustadas às provas de velocidade em cadeiras de rodas. Recentemente, também se testou diferentes capacetes num ciclista de elite, com o propósito de perceber qual o que impunha maior arrasto (Forte et al., 2017). Os novos capacetes aero, com uma cauda reduzida e de curvatura descendente com menos aberturas do que os capacetes standard mostram-se mais aerodinâmicos do que o capacete normal sem cauda e com maiores aberturas. Estas análises poderão também ser feitas para avaliação de diferentes fatos de ciclistas, ou atletas. Ainda no domínio do teste a equipamentos, no lançamento do disco, Rouboa e colaboradores (2013) avaliaram a turbulência e velocidade do vento, no angulo de largada, concluindo que o arrasto, distância alcançada pelo lançamento são afetadas pela rotação do disco. No entanto, mais estudos poderão ser feitos no lançamento do martelo, dardo e peso.

Mais recentemente, são encontrados alguns estudos sobre as diferentes posições corporais dos atletas (Forte et al., 2018; Forte et al., 2020d). Num atleta de provas de velocidade em cadeiras de rodas, a posição de menor arrasto é durante a fase da recuperação após a puxada no aro e no momento em que o sujeito coloca os braços para trás em hiperextensão, seguida pelo momento da largada e por fim da pegada (Forte et al., 2018). No que ao ciclismo diz respeito, a posição aero é aquela que impõe menor arrasto, seguida pela posição com as mãos no dropes e da posição vertical (normal) (Forte et al., 2020d). Tais estudos (Forte et al., 2018; Forte et al., 2020d) permitem melhorar a performance dos ciclistas e atletas, minimizando o arrasto através de um melhor aconselhamento acerca da postura a adotar durante uma prova.

Outros autores têm vindo a apresentar estudos com pequenos grupos de ciclistas, no intuito de perceber a influência das distâncias entre eles no arrasto (Blocken et al., 2018). Até à data é possível pelo menos encontrar um estudo com avaliação aerodinâmica de um pelotão de ciclistas, para perceber a ação do arrasto nos diferentes ciclistas e o efeito da posição que ocupam no pelotão (Blocken et al., 2018b).

5. Estudos futuros nas Ciências do Desporto

Vários autores têm apresentado estudos que comprovam a variação do coeficiente de arrasto a diferentes velocidades. Recentemente um estudo apresentou um fenómeno chamado “crise do arrasto” num ciclista (Forte et al., 2020f). Este fenómeno é uma diminuição acentuada do coeficiente de arrasto, principalmente explicado pela mudança do escoamento do fluido de laminar para turbulento. Este fenómeno deverá ser estudado com diferentes geometrias (modelos de atletas e desportistas paralímpicos), de atletas saudáveis ou amputados, assim como de objetos desportivos como bolas.

A CFD tem vindo a ser utilizada para avaliação do arrasto passivo. No entanto, no desporto dificilmente os atletas adotam uma postura estática. Tal facto leva-nos a perspetivar duas formas de aprofundar os conhecimentos nesta área: (i) avaliação do arrasto ativo (em situação dinâmica com geometrias animadas); (ii) avaliação de diferentes posições (por exemplo, de um ciclo gestual) e prever a variação do coeficiente de arrasto dentro de cada ciclo.

A avaliação de diferentes posições tem vindo a ser efetuada quer em modalidades aquáticas quer em terrestres. No entanto, ainda não foi possível obter/estimar coeficientes de arrasto ativo em situações dinâmicas com o propósito de prever com maior exatidão o arrasto dos desportistas. Assim, nos próximos tempos, é expectável que uma forma de estimar um coeficiente de arrasto ativo será através da avaliação de diferentes posições e velocidades. Outra área de estudo será perceber de que forma a temperatura, pressão atmosférica, altitude e humidade poderão influenciar os diferentes tipos de arrasto e respetivos coeficientes, pese embora isto acarrete alguma incerteza em termos de consultoria e monitorização de atletas de elite. Ou seja, haverá sempre alguma incerteza nas condições climáticas que os desportivos estarão submetidos no dia da prova.

A interferência da proximidade de competidores poderá ser outro objeto de estudo. Efetivamente, no atletismo as diferenças na distância entre adversários poderão influenciar significativamente a resistência que atua num atleta, quer em provas de estrada, quer em provas de pista. Neste sentido, será importante avaliar a distância ideal a que o sujeito que persegue o primeiro se poderá posicionar com o objetivo de obter o melhor rendimento possível.

Entre modalidades olímpicas, parece existir falta de investigação, nomeadamente avaliações aerodinâmicas nas modalidades equestres, como as corridas em cavalos (Spence et al., 2012) ou navegação (Fossati et al., 2006). Outra área emergente, e recentemente considerada modalidade olímpica, é o skateboarding (Batuev & Robinson, 2017) e o surf (Doering, 2018). Nestas modalidades, a minimização da resistência (quanto menor for o arrasto), permitirá uma melhor performance (maior será a velocidade atingida pelo desportista). Assim, quer os saltos, quer a velocidade poderão ser potenciados tanto quanto se minimizar o arrasto. No entanto, tanto quanto se sabe, nenhum estudo foi feito avaliando um praticante de skateboarding ou surf, mostrando assim carência de investigação nestas modalidades.

6. Conclusão

O objetivo do presente artigo foi analisar o estado da arte acerca da utilização das simulações numéricas no desporto, nomeadamente apresentando alguns estudos já realizados e lacunas de investigação nesta área.

A exploração dos tópicos permite perceber que, no que às análises hidrodinâmicas no desporto diz respeito, a melhoria do rendimento desportivo através das simulações numéricas assentará essencialmente no teste e desenvolvimento de equipamentos para o treino e competição dos desportistas. Parece haver alguma falta de literatura relacionada com a apresentação de coeficientes de arrasto (ativos) representativos de um ciclo gestual para cada técnica. Parece existir também escassez de estudos em aquáticos e desportos náuticos para além da natação, embora alguns exemplos devam ser realçados. Quanto às análises aerodinâmicas, a maioria dos estudos centram-se no ciclismo. No entanto, começam a existir os primeiros estudos com a utilização das simulações numéricas no desporto adaptado e paralímpicos. Nas análises aerodinâmicas, a literatura apresenta lacunas como o teste a diferentes temperaturas, diferentes modalidades, posições corporais e disposições espaço-temporais dos desportistas para perceber o efeito do arrasto de interferência.

As simulações numéricas aplicadas ao desporto parecem apresentar um potencial de investigação imensurável, proporcionando enormes possibilidades para vários estudos futuros. Esta metodologia mostra-se cada vez mais aplicada e utilizada com o intuito de analisar, prever e melhorar a performance dos desportistas.

Bibliografia

- Barbosa, T. M., Ramos, R., Silva, A. J., & Marinho, D. A. (2018). Assessment of passive drag in swimming by numerical simulation and analytical procedure. *Journal of Sports Sciences*, 36(5), 492-498.
- Batuev, M., & Robinson, L. (2017). How skateboarding made it to the Olympics: an institutional perspective. *International journal of sport management and marketing*, 17(4-6), 381-402.

- Bixler, B. S., Schloder, M. (1996). Computational fluid dynamics: an analytical tool for the 21st century swimming scientist. *Journal of Swimming Research*, 11: 4-22.
- Bixler, B., Pease, D., Fairhurst, F. (2007). The accuracy of computational fluid dynamics analysis of the passive drag of a male swimmer. *Sports Biomechanics*, 6(1): 81-98.
- Blocken, B., Toparlar, Y., van Druenen, T., & Andrianne, T. (2018). Aerodynamic drag in cycling team time trials. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 182, 128-145.
- Blocken, B., van Druenen, T., Toparlar, Y., Malizia, F., Mannion, P., Andrianne, T., ... & Diepens, J. (2018b). Aerodynamic drag in cycling pelotons: New insights by CFD simulation and wind tunnel testing. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 179, 319-337.
- Costa, L., Mantha, V. R., Silva, A. J., Fernandes, R. J., Marinho, D. A., Vilas-Boas, J. P., ... & Rouboa, A. (2015). Computational fluid dynamics vs. inverse dynamics methods to determine passive drag in two breaststroke glide positions. *Journal of Biomechanics*, 48(10), 2221-2226.
- Doering, A. (2018). From he'e nalu to Olympic sport: A century of surfing evolution. In T. Hinch & J. Higham, *Sport Tourism Development* (3rd ed.), 200-203. Bristol: Channel View Publications.
- Forte, P., Barbosa, T. M. & Marinho, D. A. (2015). Technologic appliance and performance concerns in wheelchair racing—helping Paralympic athletes to excel. Chaoqun, L (ed), 101-121. InTech.
- Forte, P., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., & Morais, J. E. (2020e). Analysis of a normal and aero helmet on an elite cyclist in the dropped position. *AIMS Biophysics*, 7(1), 54-64.
- Forte, P., Marinho, D. A., Morais, J. E., Morouço, P. G., & Barbosa, T. M. (2018). The variations on the aerodynamics of a world-ranked wheelchair sprinter in the key-moments of the stroke cycle: A numerical simulation analysis. *PLoS one*, 13(2), e0193658.
- Forte, P., Marinho, D. A., Morouço, P. G., & Barbosa, T. (2016). CFD analysis of head and helmet aerodynamic drag to wheelchair racing. In 2016 1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing (TISHW) (pp. 1-6). IEEE.
- Forte, P., Marinho, D. A., Morouço, P., Pascoal-Faria, P., & Barbosa, T. M. (2017). Comparison by computer fluid dynamics of the drag force acting upon two helmets for wheelchair racers. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1863, No. 1, p. 520005). AIP Publishing LLC.
- Forte, P., Marinho, D. A., Nikolaidis, P. T., Knechtle, B., Barbosa, T. M., & Morais, J. E. (2020b). Analysis of Cyclist's Drag on the Aero Position Using Numerical Simulations and Analytical Procedures: A Case Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3430.
- Forte, P., Marinho, D., Barbosa, T. M., Morouço, P. & Morais, J. (2020d). Estimation of an Elite Road Cyclist Performance in Different Positions Based on Numerical Simulations and Analytical Procedures. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 538.
- Forte, P., Morais, J. E., Neiva, H. P., Barbosa, T. M., Marinho, D. A. (2020f). The Drag Crisis Phenomenon on an Elite Road Cyclist—A Preliminary Numerical Simulations Analysis in the Aero Position at Different Speeds. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 5003.
- Forte, P.; Marinho, D.A.; Silveira, R.; Barbosa, T.M.; Morais, J.E. (2020). The Aerodynamics and Energy Cost Assessment of an Able-Bodied Cyclist and Amputated Models by Computer Fluid Dynamics. *Medicina*, 56, 241.
- Fossati, F., Muggiasca, S., Viola, I. M., & Zasso, A. (2006, February). Wind tunnel techniques for investigation and optimization of sailing yachts aerodynamics. In *Proceedings of the 2nd High Performance Yacht Design Conference* (Vol. 14).
- Hanna, R. K. (2012). CFD in Sport—a Retrospective; 1992-2012. *Procedia Engineering*, 34, 622-627.
- Laurent, A., Rouard, A., Mantha, V. R., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Rouboa, A. I. (2013). The computational fluid dynamics study of orientation effects of oar blade. *Journal of applied biomechanics*, 29(1), 23-32.
- Mantha, V. R., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Rouboa, A. I. (2013). Numerical simulation of two-phase flow around flatwater competition kayak design–evolution models. *Journal of applied biomechanics*, 29(3), 270-278.
- Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Reis, V. M., Kjendlie, P. L., Alves, F. B., Vilas-Boas, J. P., ... & Rouboa, A. I. (2010b). Swimming propulsion forces are enhanced by a small finger spread. *Journal of Applied Biomechanics*, 26(1), 87-92.
- Marinho, D. A., Mantha, V. R., Rouboa, A. I., VilasBoas, J. P., Machado, L., Barbosa, T. M., & Silva, A. J. (2011). The effect of wearing a cap on the swimmer passive drag. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Marinho, D. A., Mantha, V. R., Vilas-Boas, J. P., Ramos, R. J., Machado, L., Rouboa, A. I., & Silva, A. J. (2012). Effect of wearing a swimsuit on hydrodynamic drag of swimmer. *Brazilian archives of biology and technology*, 55(6), 851-856.
- Marinho, D. A., Reis, V. M., Alves, F. B., Vilas-Boas, J. P., Machado, L., Rouboa, A. I., & Silva, A. J. (2009). The use of Computational Fluid Dynamics in swimming research. *Int J Comput Vis Biomech*.

- Marinho, D. A., Reis, V. M., Alves, F. B., Vilas-Boas, J. P., Machado, L., Silva, A. J., & Rouboa, A. I. (2009b). Hydrodynamic drag during gliding in swimming. *Journal of Applied Biomechanics*, 25(3), 253-257.
- Marinho, D. A., Reis, V. M., Vilas-Boas, J. P., Alves, F. B., Machado, L., Rouboa, A. I., & Silva, A. J. (2010). Design of a three-dimensional hand/forearm model to apply Computational Fluid Dynamics. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(2), 436-442.
- Marinho, D. A., Rouboa, A. I., Alves, F. B., Vilas-Boas, J. P., Machado, L., Reis, V. M., & Silva, A. J. (2009c). Hydrodynamic analysis of different thumb positions in swimming. *Journal of sports science & medicine*, 8(1), 58.
- Marinho, D., Silva, A., & Rouboa, A. (2009d). L'étude de la main et de l'avant-bras d'un nageur de compétition utilisant le modèle de la dynamique des fluides. *Science & sports*, 24(5), 253-256.
- Rouboa, A., Silva, A., Leal, L., Rocha, J., Alves, F. (2006). The effect of swimmer's hand/forearm acceleration on propulsive forces generation using computational fluid dynamics. *Journal of Biomechanics*, 39(7): 1239-1248.
- Rouboa, A. I., Reis, V. M., Mantha, V. R., Marinho, D. A., & Silva, A. J. (2013). Analysis of wind velocity and release angle effects on discus throw using computational fluid dynamics. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 16(1), 73-80.
- Sims, B. W., & Jenkins, P. E. (2011, January). Aerodynamic bicycle helmet design using a truncated airfoil with trailing edge modifications. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (Vol. 54921, pp. 453-462).
- Spence, A. J., Thurman, A. S., Maher, M. J., & Wilson, A. M. (2012). Speed, pacing strategy and aerodynamic drafting in Thoroughbred horse racing. *Biology letters*, 8(4), 678-681.
- Vilas-Boas, J. P., Ramos, R. J., Fernandes, R. J., Silva, A. J., Rouboa, A. I., Machado, L., ... & Marinho, D. A. (2015). Hydrodynamic analysis of different finger positions in swimming: a computational fluid dynamics approach. *Journal of applied biomechanics*, 31(1), 48-55.