



MECÂNICA DE FLUIDOS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DA TEORIA COM A PRÁTICA

Sônia Cavalcanti Corrêa
Simone Tolaine Massetto
Elisabeth dos Santos Freire

Universidade Presbiteriana Mackenzie – Brasil

Resumo: A intervenção profissional na Educação Física exige saberes básicos para diagnosticar, elaborar, aplicar e avaliar programas. Conhecimentos de diferentes naturezas e originários de diversas áreas do conhecimento devem ser aplicados para que o profissional consiga identificar e corrigir erros associados ao movimento, entre eles os relacionados à biomecânica. Como o profissional que trabalha com a natação pode aplicar na prática, conhecimentos teóricos da mecânica dos fluidos em sua intervenção? Para responder a essa pergunta, desenvolvemos este ensaio que tem por objetivo apresentar propostas de aplicação da mecânica dos fluidos em intervenção na natação. São apresentados os conceitos de flutuabilidade, resistência ao avanço, sustentação e forças propulsivas. Para melhor compreensão dos conceitos explicitados, desenvolvemos algumas atividades práticas de descrição do objetivo do exercício, da atividade e explicação biomecânica.

Palavras-chave: mecânica de fluidos; intervenção profissional; natação.

INTRODUÇÃO

Um fato que sempre relato para os meus alunos é uma das minhas primeiras experiências dando aula de natação. Nela, para alegria de uma mãe de aluno, passei grande parte da aula solicitando aos berros (como é comum na beira de uma piscina) que um dos meus pequenos alunos parasse de rebolar quando nadava, isto é, parasse de deixar o quadril e as pernas oscilarem de um lado para o outro. Alguma hora o meu aluno passou a fazer correto e eu me senti uma ótima professora. Mal sabia eu que ele parou de errar porque descobriu sozinho (provavelmente para que eu parasse de berrar no ouvido dele) que devia parar de cruzar o braço além da linha média do corpo. Típico erro de professor iniciante que procura o erro no efeito e não na causa.

Nesse relato de uma das autoras, são descritos erros cometidos no início de uma intervenção profissional com a natação. Esses erros, que frequentemente são observados no trabalho realizado por profissionais iniciantes na área, infelizmente, também aparecem na intervenção daqueles mais experientes. Optamos por iniciar nosso texto com esse relato por acreditarmos que nele se apresenta uma realidade da intervenção profissional na natação, conhecida por muitos, mas pouco investigada: o despreparo de alguns profissionais. Esse despreparo, que pode ser visto também na intervenção presente em outros setores da profissão, é mais facilmente percebido entre os profissionais que atuam na natação, pois aspectos específicos da área têm influenciado o mercado de trabalho, evidenciando uma realidade que precisa ser mais bem compreendida, gerando questões acerca de qual é o perfil dos profissionais que trabalham com a natação. Por que há profissionais

despreparados intervindo nesse setor? Que conhecimentos seriam necessários para que eles realizassem uma intervenção competente?

Um número expressivo de profissionais de Educação Física tem sua primeira experiência profissional na natação. Podemos perceber que, dentro das academias, há muitos iniciantes desenvolvendo seu trabalho na piscina. Muitos deles ainda são graduandos e realizam estágios supervisionados. Para confirmar essa afirmação, podemos citar a pesquisa realizada por Ramos (2002) que verificou ser a natação a área com maior contratação de graduandos que cursavam 1º e 2º anos para realização de estágios remunerados. Estudo realizado por Leite et al. (2003) também apresenta dados interessantes. Esses autores realizaram pesquisa com 103 profissionais e encontraram sujeitos com poucos anos de experiência e tempo médio de formação de 4,12 anos. Dessa forma, podemos levantar o seguinte questionamento: “Por que a natação atrai profissionais em início de carreira?”.

Nossa hipótese para responder a esse questionamento é que as condições de trabalho existentes em grande parte das instituições, como os baixos salários oferecidos e a longa permanência em contato com a água, a monotonia nas atividades realizadas, entre outros aspectos, levam o profissional a procurar uma melhor colocação no mercado de trabalho, o que gera grande rotatividade na área. Essa rotatividade e, conseqüentemente, o número de vagas em aberto podem explicar a facilidade para o ingresso de indivíduos inexperientes e que estão ansiosos para obter seu lugar no mercado de trabalho, como bem argumentam Verenguer et al. (2008).

É preciso considerar também que o principal aspecto gerador dessa realidade é a desvalorização social do profissional de Educação Física. De acordo com Freire, Reis e Verenguer (2002, p. 40), a sociedade ainda não compreende o que caracteriza a intervenção profissional na área e exige dele “aptidão física, uma imagem estereotipada e habilidade para execução de movimentos como credenciais para uma intervenção profissional competente”. Com a natação não é diferente, e, por vezes, acredita-se que a qualidade na realização dos diferentes estilos de natação é a única característica necessária ao profissional que atua no setor. Dessa forma, desconsideram-se os vários saberes profissionais necessários à intervenção e prevalece a crença de que o saber fazer é suficiente para ensinar. Por conseguinte, temos grande número de profissionais que conseguem utilizar como recurso para a aprendizagem apenas estratégias diretivas, como a demonstração e os métodos expositivos (LEITE et al., 2003).

Raros são os estudos que analisam as características do profissional de Educação Física que atua, de forma específica, com a natação, como ressalta Limongelli (2006). Para essa autora, durante muito tempo, a preparação para intervenção com o nadar esteve focada nos fundamentos técnicos. Limongelli (2006, p. 30) acredita que o quadro começa a ser alterado e afirma que estudos realizados “sinalizam que a formação do professor de natação está saindo da ênfase nos conteúdos técnico-esportivos do nadar e abrindo portas para compreender o nadar em suas múltiplas dimensões”.

A intervenção profissional na Educação Física exige saberes básicos para diagnosticar, elaborar, aplicar e avaliar programas (FREIRE; REIS; VERENGUER, 2002; VERENGUER et al., 2008). Assim, na natação, essa intervenção exige competência para diagnosticar características, necessidades e possibilidades do aprendiz e, a partir desse diagnóstico, elaborar e aplicar um programa específico, que permita o alcance dos objetivos propostos. Por exemplo, no contato com a criança, o profissional deverá identificar quais foram as experiências anteriores desse aprendiz e qual a percepção dele sobre essas experiências. Assim, é importante descobrir se já houve um contato com o meio líquido, por quanto tempo isso ocorreu, quais habilidades foram aprendidas, quais foram as sensações do aprendiz, quais atividades lhe são prazerosas, quais lhe trazem desprazer. Enfim, o profissional deverá avaliar aspectos físicos, motores, psicológicos e sociais do aprendiz.

Com a elaboração do diagnóstico, será possível construir o programa de intervenção. O primeiro item do programa é o estabelecimento dos objetivos a serem atingidos: adaptação ao meio líquido, melhora do condicionamento físico, ensino de estilos, treinamento para competições, entre outros. Parece que muitos profissionais estabelecem seus objetivos sem o respeito às características do aprendiz, avaliando apenas os aspectos motores e a formação de turmas.

A partir da definição dos objetivos, o profissional deverá selecionar estratégias de ensino adequadas e instrumentos para avaliar a aprendizagem. Para criar um ambiente propício, o profissional deve apresentar diversas competências. Deverá também identificar erros cometidos pelos praticantes e encontrar formas de corrigi-los, o que exige a observação atenta do profissional (LIMONGELLI, 2006).

A identificação de erros e a criação de recursos para sua correção são elementos constituintes da competência profissional que nem sempre se constroem ao nadar. Eis uma das distinções que se pode fazer entre uma pessoa que sabe nadar e um profissional que tem competência para o ensino da natação. É a ausência desses elementos que pode ser percebida no relato apresentado ao se iniciar este artigo. Conhecimentos de diferentes naturezas e originários de diversas áreas do conhecimento deverão ser aplicados para que o profissional consiga identificar e corrigir erros. Entre eles, queremos destacar a importância da biomecânica. Leite et al. (2003) verificaram, em seu estudo, que 69% dos entrevistados declaram utilizar conceitos de biomecânica em sua intervenção, o que evidencia o reconhecimento, por parte desses profissionais, da relevância que os conhecimentos produzidos na biomecânica possuem em sua intervenção.

Contudo, é preciso investigar se essa aplicação acontece de forma adequada. Como o profissional de natação pode aplicar os conhecimentos da biomecânica e da mecânica dos fluidos em sua intervenção? Para responder a essa pergunta, escrevemos este artigo que tem por objetivo apresentar propostas de aplicação da mecânica dos fluidos na intervenção com a natação.

Durante a formação profissional, os alunos do curso de Educação Física passam por experiências que irão auxiliá-los em sua prática profissional. Alguns conceitos, quando vivenciados, além de facilitarem o entendimento, auxiliam na fixação do conteúdo. Um exemplo disso são as aulas de natação que, juntamente com o conhecimento da mecânica de fluidos, conteúdo pertinente à disciplina Biomecânica, podem fornecer essas experiências. Muitas vezes, o professor de natação, por desconhecer ou mesmo confundir tais conceitos, exige de seus alunos técnica de movimentos sem saber ao certo o que o aluno faz de errado. Em muitos casos, não se trata de falta de conhecimento técnico, mas, sim, de falta de clareza dos conceitos biomecânicos.

A graduação universitária deve oferecer oportunidades para o desenvolvimento de saberes conceituais e de intervenção peculiares a cada profissão que alicerçam a prática profissional (VERENGUER, 2005). Diante disso, surge uma dúvida: como transformar os conceitos biomecânicos em prática profissional? As aulas de natação podem fornecer algumas respostas, pois, enquanto nadamos, uma série de conceitos biomecânicos está sendo posta em prática.

O estudo da mecânica de fluidos não é uma tarefa fácil, pois o foco recai sempre em fórmulas e conceitos teóricos. Existe, ainda, muita controvérsia sobre os parâmetros que levam a alterar resistências e gerar propulsão na água. Atualmente, os conceitos gerais da mecânica de fluidos são bastante claros e, quando apresentados juntamente com aulas práticas na piscina, possibilitam ao futuro profissional ter uma visão mais ampla e aplicada desses conceitos, gerando provavelmente uma visão mais crítica de sua atuação, podendo, também, fornecer subsídios para a criação de aulas mais variadas.

O desafio deste ensaio é mostrar que a compreensão de muitos conceitos teóricos da mecânica de fluidos pode ser facilitada por meio de experiências aquáticas diversas, inclusive durante a realização do ato de nadar.

CONCEITOS E APLICAÇÕES PRÁTICAS DA MECÂNICA DE FLUIDOS

Flutuabilidade

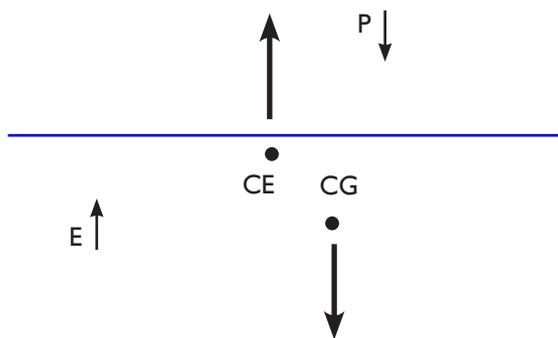
A flutuabilidade é caracterizada pela permanência de um corpo na superfície de um líquido. O senso comum caracteriza flutuação como a permanência total de todo corpo na superfície do líquido, porém essa informação é incorreta. A flutuação pode ocorrer em qualquer posição, inclusive o corpo humano pode flutuar verticalmente.

Para flutuar, o indivíduo necessita que a força de empuxo seja pelo menos igual à força peso, e, para que essa flutuação ocorra, a força de empuxo e a força peso devem estar alinhadas, o que pode ocorrer em uma posição qualquer (HALL, 2005). A força empuxo tem ação vertical, de baixo para cima, enquanto a força peso tem ação vertical, de cima para baixo, pois a gravidade age diretamente sobre a massa corporal resultando no peso do corpo. E o que acontece quando essas duas forças verticais de ação oposta agem sobre um mesmo corpo imerso em um líquido? Caso essas forças estejam alinhadas, o corpo fica equilibrado, caso contrário, ele gira em torno de seu próprio eixo até que as forças se alinhem.

As figuras 1 e 2 representam, respectivamente, um corpo em desequilíbrio e um corpo em equilíbrio na água.

Figura 1

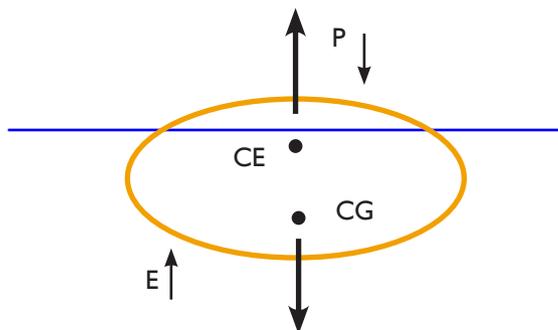
Corpo em desequilíbrio na água: E = empuxo, P = peso,
CE = centro de gravidade e CG = centro de empuxo.



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Figura 2

Corpo em equilíbrio na água: E = empuxo, P = peso,
CE = centro de gravidade e CG = centro de empuxo.



Fonte: Elaborada pelas autoras.

A Figura 1 representa um corpo em desequilíbrio na água que, conseqüentemente, está girando em seu eixo, pois o centro de gravidade (CG) e o centro de empuxo (CE) estão desalinhados. Nota-se a direção da força peso (P) contrária à força de empuxo (E) agindo sobre pontos não alinhados. A Figura 2 representa um corpo em equilíbrio, no qual o CG e CE estão alinhados verticalmente, portanto esse corpo está em equilíbrio. Para que isso ocorra, o indivíduo necessita que a força de empuxo seja pelo menos igual à força peso e que ambas as forças passem pelo mesmo ponto.

Para o professor ajudar seu aluno a achar a sua posição de flutuabilidade, ele deve alterar os seguintes parâmetros: a força peso, força de empuxo, posição do centro de empuxo e posição do centro de gravidade. Para que possa realizar essa alteração, o professor precisa conhecer os parâmetros.

A *força peso* é definida como a ação da aceleração da gravidade sobre a massa do indivíduo e não pode ser alterada durante uma aula. A sensação de “estar mais leve na água” é devida à ação do empuxo. E como se sabe o valor de uma força de empuxo?

O princípio de Arquimedes descreve que o valor da força *empuxo* é igual ao valor do peso do volume de água deslocada pela imersão de um corpo em um fluido. Portanto, quanto mais submerso um corpo estiver, maior será o empuxo, porém, ao imergir completamente, o empuxo atinge seu máximo, independentemente da profundidade. Quanto maior for o volume de um corpo, maior será o empuxo gerado, entretanto um corpo só flutuará se a força empuxo for igual ou superior ao seu peso.

Centro de gravidade (CG), que, nesse caso, pode ser também chamado de centro de massa, é o ponto em que está concentrada a força peso. Esse ponto não é fixo e é alterado conforme a posição dos segmentos corporais no espaço. O ponto no qual a força empuxo se concentra é chamado de *centro de empuxo* (CE).

Quando nadamos, nosso corpo está sujeito a essas forças, e, conforme nos movimentamos, nosso CG e CE mudam de posição, fazendo com que estejamos sempre tentando nos equilibrar a fim de alinhar esses dois centros. Sendo assim, o simples fato de modificarmos nossa posição na água altera nosso equilíbrio.

Normalmente, quando falamos de flutuação em natação, existem alguns equívocos. A flutuação está diretamente relacionada com o peso e empuxo do corpo, porém, quando em movimento, outras forças são geradas para sustentar o corpo na superfície. Falaremos dessas forças na sequência deste artigo.

Para melhor compreensão dos conceitos explicitados, desenvolvemos algumas atividades práticas. Após a realização de cada uma delas, refletimos sobre os resultados alcançados. A reflexão é o fator aglutinador entre teoria e prática que permite a transformação das representações sobre a realidade e também das ações concretas sobre a realidade (KOLYNIK FILHO, 1996). As vivências são importantes para a compreensão dos fenômenos, pois contribuem para a sedimentação dos conceitos. A seguir, descreveremos algumas dessas atividades.

Ação do empuxo

- Objetivo do exercício: verificar a diferença da magnitude da força empuxo com e sem ar nos pulmões.
- Descrição da atividade: com os pulmões cheios, em um primeiro momento, tentar sentar no fundo da piscina; em um segundo momento, tentar deitar (em decúbito dorsal) no fundo. Repetir o exercício com os pulmões vazios.
- Explicação biomecânica: quando se enche o pulmão de ar, o volume do corpo irá aumentar e, conseqüentemente, aumentará o volume de água deslocada, portanto a força de empuxo aumentará, o que ampliará a possibilidade de flutuação.

Flutuação em equilíbrio estático

- Objetivo do exercício: verificar o giro do corpo quando o CG e CE estão desalinhados verticalmente.
- Descrição da atividade: com os pulmões cheios e em decúbito ventral, segurar as duas pernas flexionadas junto ao corpo. Perceber os movimentos que o corpo realiza antes de entrar em equilíbrio e parar de girar.
- Explicação biomecânica: essa posição favorece a percepção da ação do empuxo e da força da gravidade sobre o CG e CE. Enquanto estas não se alinharem verticalmente, o corpo tenderá a girar sobre seu próprio eixo (como ilustrado na Figura 1). No momento em que isso ocorrer, o corpo parará de girar (Figura 2).

Relação entre contração muscular e flutuação

- Objetivo do exercício: verificar como a contração muscular durante o ato de nadar altera o alinhamento vertical do CG e CE.

- Descrição da atividade: em decúbito ventral e com os pulmões cheios, relaxar toda a musculatura corporal até atingir o equilíbrio. Nesse momento, contrair a musculatura de um dos lados do corpo. Perceber a rotação do corpo em busca de um novo equilíbrio, devido à mudança do CG e CE.
- Explicação biomecânica: ao contrair a musculatura de um dos lados do corpo, as posições do CG e CE são modificadas, o que resultará em desequilíbrio, e, em consequência, ele começará a girar.

Relação entre movimentos corporais e flutuação

- Objetivo do exercício: verificar como os movimentos corporais alteram a posição do CG e CE.
- Descrição da atividade: em decúbito dorsal, experimentar flutuar com os braços e pernas em abdução máxima e, posteriormente, em adução. Experimentar, ainda, elevar a cabeça (flexioná-la em relação ao eixo frontal).
- Explicação biomecânica: assim como no exercício anterior, estamos modificando o CE e CG, modificando o equilíbrio do corpo na água. No caso da elevação da cabeça, existe, ainda, uma alteração na relação entre o peso do corpo e o empuxo, já que, ao elevarmos a cabeça, ela sairá da água, o que acarretará a diminuição da força empuxo, pois parte do corpo não está mais imersa. Nesse caso, a força peso tende a superar a força empuxo, com consequente diminuição da flutuabilidade.

Relação entre retirada de partes do corpo da água e flutuação

- Objetivo do exercício: verificar que, quando tiramos alguma parte do corpo da água, a flutuabilidade deste fica comprometida, pois se altera a posição do CG e CE, além de modificar o valor da força E.
- Descrição da atividade: em decúbito dorsal, experimentar flutuar com os braços fora da água, formando um ângulo aproximado de 90° com o tronco.
- Explicação biomecânica: assim como nos exercícios anteriores, estamos modificando o CE e CG e também a magnitude da força E. Ao retirarmos parte do corpo da água, o volume de líquido deslocado pelo corpo imerso diminuirá. Nesse caso, mais uma vez, a força peso tende a superar a força empuxo, com consequente diminuição da flutuabilidade.

Resistências encontradas na água

As resistências encontradas na água são chamadas de força de arrasto (ou resistência ao avanço) e de sustentação. A resistência ao avanço atua em sentido contrário ao movimento e a de sustentação perpendicularmente ao movimento. Quando o movimento ocorre sobre os eixos (vertical ou horizontal), só existe resistência ao avanço. A resistência ao avanço é resultante da soma de três componentes: de superfície, de forma e de onda.

Resistência de superfície

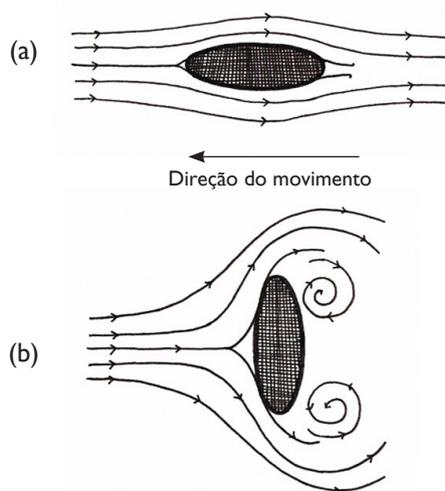
É a encontrada pelo corpo quando o fluido entra em contato com ele e é obrigado a alterar a sua direção e/ou velocidade de deslocamento. O processo de diminuição da velocidade do fluido e de sua mistura, bem próximo da superfície do corpo, exerce certa resistência ao deslocamento. Essa resistência varia linearmente com a velocidade do fluido, a área de superfície, o tipo de fluido e quão lisa é a superfície (HAY; REID, 1985). Podemos demonstrar na prática situações nas quais tentamos diminuir essa resistência. Quando nadadores eliminam os pelos corporais, ou mesmo quando utilizam vestimenta especial para competir, estão tentando minimizar a ação dessa resistência. No entanto, até hoje há polêmica na utilidade real dessas medidas para alterar a resistência de superfície (VORONTSOV; RUMYANTSEV, 2004).

Resistência de forma

É encontrada pelo corpo quando o fluido entra em contato com ele e altera seu o fluxo laminar (HAMILL; KNUTZEN, 1999). Podemos entender o fluxo laminar como “camadas finas” de moléculas de água, horizontais e paralelas entre si. Quanto mais o fluido demorar a voltar à sua forma original (laminar), maior será a resistência, pois é criada uma turbulência atrás do corpo, que gera uma diferença de pressão entre a parte da frente e a de trás. A área de baixa pressão ocorre atrás do corpo. O valor da resistência de forma será determinado pela diferença de pressão entre a frente e a traseira do corpo. Os fatores que interferem na resistência de forma são: área de secção transversa máxima, a velocidade do fluido (que aumenta com o quadrado da velocidade) e a forma do corpo, como se pode observar na Figura 3.

Figura 3

Representação das forças de arrasto atuantes no corpo em movimento em um fluido.



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Na Figura 3b, o corpo representado experimenta uma resistência de forma muito maior que a do corpo na Figura 3a, pois tem uma área de secção transversa maior e apresenta maior turbulência na parte traseira e uma grande diferença de pressão entre a parte da frente e a traseira do corpo. Na prática, as pessoas devem procurar nadar o mais alinhado possível, e evitar ações que aumentem o ângulo de ataque em relação ao fluxo da água. Quanto mais o corpo se aproximar da forma de um torpedo, ou mesmo de um golfinho, mais hidrodinâmico será. A posição de flecha, ou *stream line*, é a melhor posição para tentar reduzir essa resistência.

Resistência de onda

É encontrada por um corpo quando este se desloca entre dois fluidos com densidades diferentes (CARR, 1998). Isso ocorre quando uma parte da água deslocada pelo corpo ao longo de sua trajetória se move de uma zona de alta pressão (água) para uma de baixa pressão (acima do nível da água não perturbada), provocando a resistência de onda. Esta depende principalmente da velocidade de deslocamento e do ângulo entre a direção do movimento do CG e a frente da primeira onda, já que a resistência aumenta com o cubo da velocidade. Na prática, existem alguns mecanismos técnicos para diminuir as ondas, como as raia próprias antimarolas e as calhas presentes nas paredes da piscina, próximo às bordas que absorvem essas ondas. Além disso, nadar abaixo da superfície da água (mínimo entre 0,7 m e 1,2 m) torna a resistência de onda desprezível (VORONTSOV; RUMYANTSEV, 2004). Sendo assim, podemos entender o motivo pelo qual, em competições de natação,

as regras permitem que os atletas percorram uma distância de 15 metros submersos, após a partida, e após cada volta, exceto nas provas de nado peito (ou durante o nado peito em provas de nado *medley*), em que o nadador tem um limite de movimentos subaquáticos denominado Filipina.

Desenvolvemos algumas atividades práticas para exemplificar alguns dos conceitos descritos anteriormente.

Resistência de superfície

- Objetivo do exercício: a ação da resistência de superfície.
- Descrição da atividade: observar atentamente algumas bolhas que aderem à pele quando colocamos o braço lentamente dentro da água. Sentir a água deslizando pela pele e retirar o braço da água e percebê-lo molhado.
- Explicação biomecânica: as gotas de água no braço representam as moléculas de água aderindo à pele. Conforme o braço se movimenta na água, é possível ver as bolhas se desprendendo e dando lugar à água. Com bastante atenção, podemos sentir a água deslizando pela pele. Ao tirarmos o braço da água, percebemos muitas moléculas aderidas ao braço. Essas mesmas moléculas aderidas irão oferecer a resistência de superfície. Quanto menor a aderência, menor a resistência. Isso é o que as roupas especiais de natação oferecem, além de outros recursos que auxiliam na redução do arrasto.

Resistência de forma

1

- Objetivo do exercício: verificar a ação da resistência de forma quando uma fileira de pessoas unidas se movimenta na água.
- Descrição da atividade: em grupos de quatro alunos posicionados lado a lado, com braços entrelaçados lateralmente formando uma fila, caminhar de costas. Próximo aos dois alunos do centro da fila, colocamos uma prancha flutuando. Com o movimento dos alunos, a prancha irá se deslocar na direção deles.
- Explicação biomecânica: conforme o grupo se move cria-se uma área de baixa pressão, o que permite que a prancha se locomova na superfície, na direção do grupo.

2

- Objetivo do exercício: verificar a ação da resistência de forma quando o indivíduo se locomove com uma prancha em diferentes posições.
- Descrição da atividade: em duplas, caminhar dentro da piscina segurando uma prancha ao lado do corpo (entre os dois componentes). Esta deve estar totalmente submersa. No primeiro momento, a prancha deve ser conduzida em seu plano frontal. Depois, conduzir a prancha em seu plano sagital. Perceber que, na primeira experiência, a prancha oferece maior resistência que na segunda.
- Explicação biomecânica: esse exercício é muito interessante para a percepção de como a forma do corpo interfere em seu avanço no meio líquido. Com base nessa experiência, os alunos começam a entender algumas posições hidrodinâmicas.

3

- Objetivo do exercício: verificar a ação da resistência de forma quando se arrasta um colega em diferentes posições dentro da água.
- Descrição da atividade: em duplas, um aluno irá arrastar um colega em flutuação. Inicialmente, o colega estará com as pernas flexionadas dentro da água. Depois, estará com as pernas estendidas na superfície da água.

- Explicação biomecânica: as pernas flexionadas dentro da água irão aumentar a resistência ao avanço, tornando a tarefa mais difícil. Experiências como essa dão a dimensão de como a posição do corpo influencia o deslocamento aquático.

Resistência de onda

1

- Objetivo do exercício: verificar a ação da resistência de onda deslizando na superfície e sob a água.
- Descrição da atividade: impulsionar o corpo na borda da piscina e deslizar na superfície em posição de flecha. Realizar o mesmo procedimento deslizando embaixo da água.
- Explicação biomecânica: os alunos tendem a ir mais longe com o mesmo impulso quando estão embaixo da água, pois, nesse meio, não existe a resistência de onda.

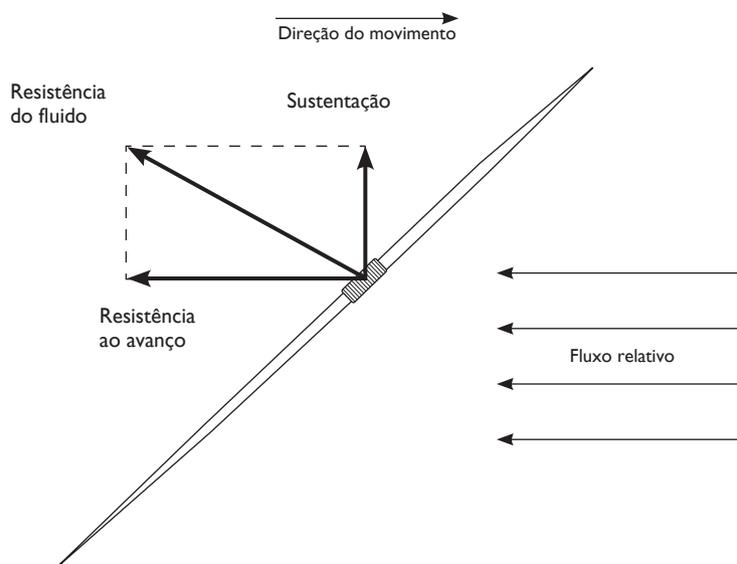
2

- Objetivo do exercício: verificar a ação da resistência de onda na superfície.
- Descrição da atividade: alunos um ao lado do outro, de frente para a borda da piscina e a certa distância dela, com uma prancha na mão. Fazem o movimento para frente e para trás com a prancha na água, enquanto um companheiro passa nadando no espaço entre eles e a borda.
- Explicação biomecânica: existe um aumento da resistência de onda, o que atrapalha o deslocamento do nadador à frente.

Sustentação

É a força que surge (componente de sustentação) quando um corpo se movimenta em um fluido, de modo que exista um ângulo que seja diferente de 0° e 90° , entre este e o fluxo (LOSS; CASTRO, 2010). Ela pode estar direcionada para cima, para baixo ou na horizontal. Na Figura 4, podemos observar as duas componentes: resistência ao avanço (soma da resistência de superfície, de forma e de onda) e sustentação que atua em um dardo.

Figura 4
Força de sustentação em um dardo em movimento em um fluido.



Fonte: Hay e Reid (1985).

Como demonstra a Figura 4, a componente de resistência ao avanço tem como função frear o movimento, e a componente de sustentação, aumentar o tempo de voo do dardo. Os valores de cada resistência variam de acordo com o ângulo de inclinação do objeto. Nos dois casos apresentados anteriormente na Figura 3, os valores de sustentação são muito pequenos para um valor de resistência ao avanço muito grande na Figura 3b. Com base nisso, vê-se que é impossível ter ao mesmo tempo a menor resistência ao avanço possível e a maior sustentação possível, torna-se necessário chegar a um ajuste, que é dado pelo ângulo de inclinação ideal, que varia de implemento para implemento. Da mesma forma que a sustentação, no caso do dardo, ela é uma componente da resistência do fluido e auxilia na manutenção do dardo no ar; no caso na água, ela também serve como propulsora do movimento e, portanto, será discutida na próxima seção.

Forças propulsivas

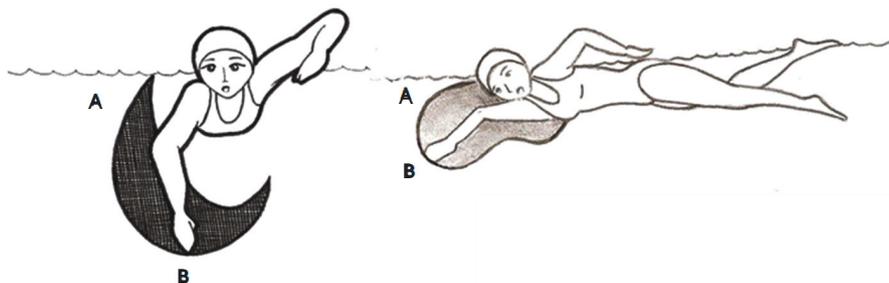
As forças propulsivas se originam das contrações musculares e, conseqüentemente, de movimentos de membros superiores, inferiores e corporais. Elas são efetivamente formadas quando as ações corporais agem contra a água de forma elaborada, de forma a utilizar as forças de resistência do fluido a seu favor.

Quando se pensa em resistência do fluido, a impressão que se tem é de algo que freia o movimento, como descrito na seção anterior para a resistência ao avanço. Reduzem-se as resistências para que o indivíduo possa nadar mais rápido. Isso é correto quando se pensa no corpo como um todo. Tomemos como exemplo um barco: ele precisa ser hidrodinâmico e ter um casco bem liso. Mas, para a propulsão, utilizamos os remos, que são posicionados dentro d'água e neles é exercida uma força na direção pretendida, mas no sentido contrário. Quanto maior a resistência ao avanço gerada pelo remo, isto é, quanto maior é sua área, maior é a força muscular necessária para deslocá-lo, e, portanto, maior é a reação no sentido do deslocamento. Para uma mesma massa, quanto maior a força aplicada, maior a aceleração obtida ($F = m \times a$).

Podemos nos locomover baseados nesse princípio, utilizando os braços como pás propulsoras, já que essa foi uma das primeiras teorias sobre a propulsão no meio líquido (MAGLISCHO, 1999). A teoria baseada na 3ª Lei de Newton – lei da ação e reação, que afirma que “para cada ação existe sempre uma reação com mesmo módulo de intensidade e direção, mas com sentido contrário” – considera somente que a resistência ao avanço foi por muito tempo a única explicação responsável pela locomoção aquática. Isto é, considerava-se que na natação o deslocamento à frente acontecia por se fazer força para trás.

Ronald Brown e James Counsilman (MAGLISCHO, 1999) foram os primeiros a relatar que a velocidade para frente aumentava quando os nadadores no início da braçada remavam movimentando os braços não para trás, como se esperava, mas para frente e para baixo, para dentro e para fora. Isso gerou mais estudos a respeito da propulsão aquática. Observa-se, na Figura 5, que somente a partir do ponto B a mão faz o movimento que se acreditava gerar a propulsão. O movimento à frente da mão é resultante da soma da velocidade do corpo indo à frente com a velocidade da mão acelerando para trás. Já o movimento para dentro e para fora é realizado para conseguirmos apoio na água. Para isso, precisamos de água parada e não em movimento, novamente justificada pela necessidade de realizar maior força e, com isso, ter maior reação. Esse é o principal motivo que faz os nadadores mudarem a direção de seus movimentos, buscando apoio em “águas paradas”.

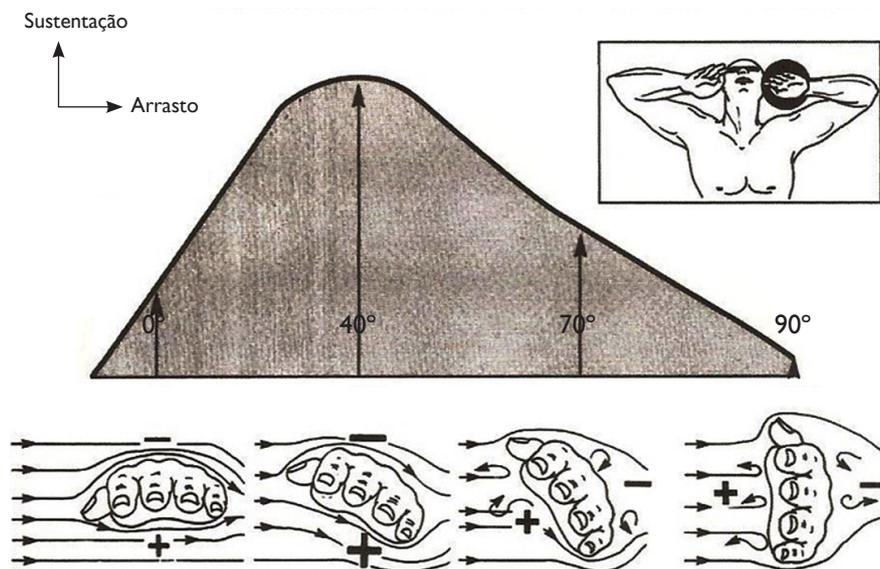
Figura 5
Movimentos do braço durante a execução da braçada do nado crawl.



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Explicava-se com isso por que eram necessários os movimentos com alteração de direção, mas se mantinha a pergunta: “Como é feita a propulsão à frente durante a fase que vai até B?”. Nesse caso, as pernas deveriam estar artificialmente paradas, e o braço oposto, sem movimentação. Se o movimento não estava sendo feito para trás e a resistência ao avanço não poderia ser responsável pela propulsão, a única variável que restava das resistências era a de sustentação. Exatamente como no fluido ar, ela é perpendicular à resistência ao avanço e depende do ângulo de ataque. Na natação, especificamente, do ângulo das mãos e dos pés com relação ao fluxo da água.

Figura 6
Representação gráfica da variação do valor da resistência de sustentação com relação ao ângulo de ataque da mão e representação das variações de pressão em cima e em baixo da mão (sinais de adição e diminuição).



Fonte: Maglischo (1999).

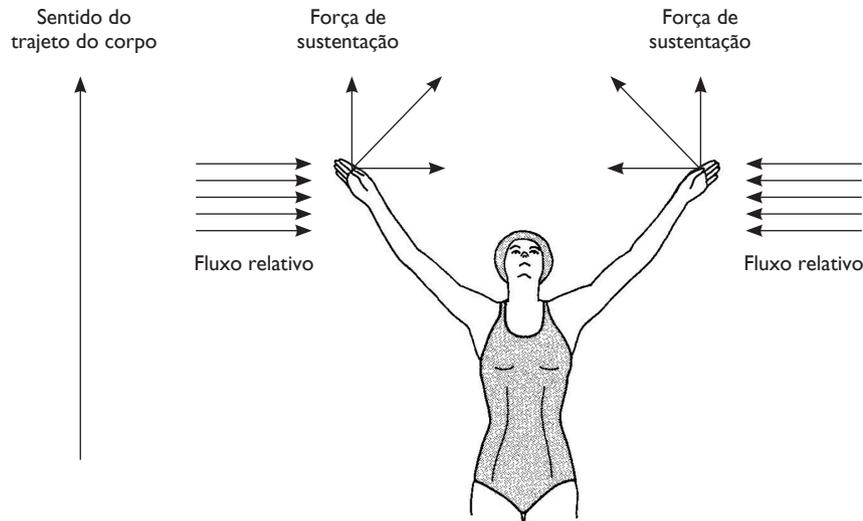
Como se pode observar na Figura 6, o valor da resistência de sustentação na mão do nadador em 0° e em 90° é próximo de 0 e em torno de 40° alcança o seu pico, sendo este o ângulo de mão utilizado nas fases iniciais das braçadas nos diferentes nados. Portanto, nessa fase inicial da braçada, a componente de sustentação é a responsável pela propulsão à frente, enquanto a componente de resistência ao avanço, força direcionada para a lateral, é compensada pelo movimento do braço oposto (Figura 7). Esse mesmo conceito é aplicado nos pés, e fica evidente a sua aplicação quando se observar um indivíduo com pouca flexibilidade de tornozelos

tentando realizar a propulsão de batida de pernas com o uso da prancha. Ao fazer o movimento de pernas, o corpo oscila para cima e para baixo, e não sai do lugar. Isso ocorre porque a componente de sustentação é mínima e a de resistência ao avanço – direcionado na vertical – é máxima.

Outro parâmetro importante na propulsão é o conceito do princípio de Bernoulli, segundo o qual, conforme se aumenta a velocidade de deslocamento de um fluido, há redução de sua pressão. O corpo tende a se deslocar para o lugar de menor pressão (HALL, 2005). Isso também pode ser observado na Figura 6.

Figura 7

As duas componentes da resistência da água – resistência ao avanço e sustentação – no nado de peito.



Fonte: Hay e Reid (1985).

O fluido na parte de cima da mão precisa percorrer uma maior distância que o fluido embaixo da mão, só que ao mesmo tempo, portanto, a velocidade do fluido em cima da mão é maior e a pressão diminui, surgindo uma força auxiliar à de sustentação no sentido do deslocamento. É importante observar que, mesmo onde a sustentação é zero – em 0° e em 90° –, continua a existir essa força adicional ao movimento (sinais de adição e diminuição), portanto elas coexistem mas não são sinônimas, e cada uma traz a sua contribuição ao deslocamento à frente do nadador (SPRIGINGS; KOEHLER, 1990).

A seguir, descreveremos algumas dessas atividades propostas:

Forças propulsivas

I

- Objetivo do exercício: verificar a ação da propulsão quando o indivíduo se locomove com uma prancha em diferentes posições.
- Descrição da atividade: sentado na água, com um flutuador tipo *aquatube* (macarrão) entre as pernas, tentar se deslocar, utilizando somente uma prancha como remo. Em um primeiro momento, a prancha deve ser utilizada em seu plano frontal e, num segundo, em seu plano sagital. Perceber que, na primeira experiência, a prancha oferece maior resistência, portanto o deslocamento é maior e a força aplicada sobre a prancha também é maior.
- Explicação biomecânica: esse exercício é muito interessante para a percepção de como a forma do objeto, que se apoia na água para efetivar a propulsão, interfere na velocidade do deslocamento no meio líquido.

2

- Objetivo do exercício: verificar como o tamanho da secção transversa das mãos influencia na velocidade do corpo na água.
- Descrição da atividade: realizar o nado elementar (cachorrinho) com as mãos fechadas.
- Explicação biomecânica: como no exemplo anterior, esse exercício também demonstra como a forma do objeto que se apoia na água para efetivar a propulsão interfere na velocidade do deslocamento no meio líquido.

3

- Objetivo do exercício: verificar como o tamanho da secção transversa dos pés influencia na velocidade do corpo na água.
- Descrição da atividade: segurando uma prancha, realizar batimentos de pernas alternadas utilizando nadadeiras. Realizar a mesma atividade sem nadadeiras.
- Explicação biomecânica: como nos exemplos anteriores, esse exercício demonstra como a forma do objeto que se apoia na água para efetivar a propulsão interfere na velocidade do deslocamento no meio líquido.

4

- Objetivo do exercício: verificar como é importante os nadadores mudarem a direção de seus movimentos, buscando esses apoios em “águas paradas”.
- Descrição da atividade: nadar com os braços como remos e realizar a braçada correta, com alteração de direção dos movimentos.
- Explicação biomecânica: as alterações de direção permitem que o atleta faça mais força e, como resultado, tenha maior propulsão de nado.

5

- Objetivo do exercício: verificar como movimentos errados de entrada da mão não permitem a realização da braçada correta.
- Descrição da atividade: realizar a braçada entrando primeiro com o cotovelo na água ao invés da mão.
- Explicação biomecânica: a mão, ao entrar após o cotovelo, não permite o apoio correto e, por consequência, não permite a propulsão correta.

6

- Objetivo do exercício: verificar a importância do palmateio (movimento de angulação das mãos).
- Descrição da atividade: executar o movimento das mãos fora d'água (com os pés no chão), na execução de uma figura de nado sincronizado, e no nado propriamente dito.
- Explicação biomecânica: verificar como diferentes angulações de mão geram diferentes deslocamentos.

7

- Objetivo do exercício: verificar como ocorre propulsão à frente e para a lateral quando se realiza a braçada somente com um dos braços.
- Descrição da atividade: nadar somente com um braço no nado de peito.
- Explicação biomecânica: a componente de resistência ao avanço impulsiona para o lado nas fases iniciais da braçada, o que só não é observado porque o outro braço faz a compensação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das estratégias de ensino que podem ser utilizadas pelos professores de natação para diagnosticar características, necessidades e possibilidades do aprendiz é por meio da aplicação de conceitos biomecânicos. A biomecânica dos fluidos, como disciplina da física, é considerada bastante complexa pelo número de fórmulas e pelos valores envolvidos no cálculo das variáveis envolvidas. No entanto, o conhecimento dos princípios gerais aplicados a qualquer fluido pode ser bastante útil para o profissional atuante na área, tanto para seu próprio conhecimento dos erros mais frequentes, conseqüentemente aumentando a sua possibilidade de correção de erros, como também para conseguir trazer variedades novas de atividades para os seus alunos. Atividades que, além de saírem do lugar comum, têm a possibilidade de levar o aprendiz a conhecer melhor o que está fazendo e permitem que se tome consciência dos movimentos executados. A percepção corporal e o conhecimento, por parte do executante, das razões determinantes da execução do movimento, podem levar a um aprendizado mais rápido, com menor número de erros, e com possibilidade de maior retenção do aprendizado. A proposta deste artigo foi trazer ao profissional da natação os conceitos envolvidos na mecânica de fluidos, por meio da descrição teórica, sem apresentação de fórmulas, e, com isso, aplicá-la em exercícios aquáticos variados. Além disso, acredita-se que pode servir também de subsídio para os professores de biomecânica e de natação que preparam os futuros profissionais da área, pois traz uma discussão maior tanto sobre o ensino da biomecânica como da natação, como ferramentas de capacitação para o processo pedagógico do ensinar o nadar de uma forma mais adequada às necessidades do aluno.

FLUIDS MECHANICS: A PROPOSAL OF THEORY AND PRACTICE INTEGRATION

Abstract: Professional intervention in Physical Education demands basic knowledge to make diagnoses and elaborate, apply and evaluate programs. This knowledge comes from different structures and derives from several areas and must be applied for the professional to have the ability to identify and correct errors, among these areas appears Biomechanics. How the Swimming professional can apply fluid mechanics' knowledge in his intervention? We wrote this essay to answer this question. The concepts of buoyancy, drag, lift and propulsive forces are shown. For a better understanding of these concepts we developed some practical activities describing the exercise's goal, activities' description and biomechanics' explanation.

Keywords: fluids mechanics; professional intervention; swimming.

REFERÊNCIAS

- CARR, G. **Biomecânica dos esportes: um guia prático**. São Paulo: Manole, 1998.
- FREIRE, E. S.; REIS, M. C. C.; VERENGUER, R. C. G. Educação física: pensando a profissão e a preparação profissional. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 39-46, 2002. Disponível em: <<http://www3.mackenzie.br/editora/index.php/remef/article/view/1345/1042>>. Acesso em: 21 jul. 2009.
- HALL, S. J. **Biomecânica básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Manole, 1999.

- HAY, J. G.; REID, J. G. **As bases anatômicas e mecânicas do movimento humano**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1985.
- KOLYNIK FILHO, C. Teoria, prática e reflexão na formação do profissional em educação física. **Motriz**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 112-115, dez. 1996.
- LEITE, A. F. et al. Natação: conhecimento e formação do professor. **Revista Digital Vida e Saúde**, v. 2, n. 4, ago./set. 2003. Disponível em: <http://jefersonvianna.sites.uol.com.br/artv2n4_06.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2010.
- LIMONGELLI, A. M. A. **Formação de professores de natação/educação física**: contribuições de princípios e conceitos wallonianos. 2006. 310 f. Tese (Doutorado em Educação: Psicologia da Educação)–Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.
- LOSS, J. F.; CASTRO, F. A. S. Forças no meio líquido. In: COSTA, P. H. L. **Natação e atividades aquáticas**: subsídios para o ensino. São Paulo: Manole, 2010. p. 34-46.
- MAGLISCHO, E. W. **Nadando ainda mais rápido**. São Paulo: Manole, 1999.
- RAMOS, G. N. S. Os estágios extracurriculares na preparação profissional em educação física. **Movimento Percepção**, Espírito Santo do Pinhal, v. 1, p. 127-141, 2002. Disponível em: <<http://www.ufscar.br/~defmh/spqmh/pdf/creupglau.PDF>>. Acesso em: 12 jan. 2010.
- SPRINGINGS, E. J.; KOEHLER, J. A. The choice between Bernouilli's or Newton's model in predicting dynamic lift. **International Journal of Sports Biomechanics**, Champaign, v. 6, n. 3, p. 235-246, Aug. 1990.
- VERENGUER, R. C. G. Mercado de trabalho em educação física: reestruturação produtiva, relações de trabalho e intervenção profissional. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 4, n. 4, p. 39-54, 2005.
- VERENGUER, R. C. G. et al. Mercado de trabalho em educação física: significado da intervenção profissional em academia de ginástica. **Motriz**, Rio Claro, v. 14 n. 4, p. 452-461, out./dez. 2008. Disponível em: <<http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/motriz/article/view/2133/1942>>. Acesso em: 5 jan. 2010.
- VORONTSOV, A. R.; RUMYANTSEV, V. A. Forças resistivas na natação. In: ZATSIORSKY, V. M. **Biomecânica no esporte**: performance do desempenho e prevenção de lesão. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 143-158.

Contato

Sônia Cavalcanti Corrêa
Rua Daomé, 470, Caucaia do Alto
Cotia – SP – Brasil – CEP 06727-430
E-mail: soniac@mackenzie.br

Tramitação

Recebido em 15 de dezembro de 2010
Aceito em 31 de março de 2011