



## BIOMECÂNICA E EDUCAÇÃO FÍSICA ESCOLAR: POSSIBILIDADES DE APROXIMAÇÃO

---

**Sônia Cavalcanti Corrêa**

Professora Doutora em Biodinâmica do Movimento Humano

Professora no curso de Educação Física da Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Elisabete dos Santos Freire**

Professora Mestra em Pedagogia do Movimento Humano

Professora nos cursos de Educação Física das Universidades Presbiteriana Mackenzie e São Judas Tadeu

**Resumo:** A biomecânica ainda é considerada por muitos profissionais ligados à área de educação física escolar uma disciplina muito distante de seu contexto de trabalho. No entanto, na perspectiva atual em que se enfatiza a visão crítica e consciente do movimento, a biomecânica parece ser um instrumental fundamental. Este artigo tem como objetivo principal tentar construir uma ponte entre as duas disciplinas, com isso simplificando os conceitos mecânicos e procurando mostrar a biomecânica como conteúdo da Educação Física escolar em suas três dimensões: conceitual, procedimental e atitudinal. Os conceitos de movimento linear e angular assim como os contidos nas três leis de Newton serão apresentados seguidos de exemplos simples, aplicação em movimentos específicos, terminando com aplicação nos movimentos em geral.

**Palavras-chave:** Educação Física escolar; biomecânica; leis de Newton.

### BIOMECHANICS AND SCHOOL PHYSICAL EDUCATION: INTERACTION POSSIBILITIES

**Abstract:** Biomechanics is still considered by several professionals linked to the Physical Education school area as a discipline very far away from their work context. Nevertheless, in the present perspective, with emphasis on the critical and conscious vision of the movement, biomechanics seems to be an important instrument. The main goal of this article is trying to build a link between these disciplines, simplifying the mechanical concepts and showing biomechanics as a part of Physical Education school in its three dimensions involving concepts, procedures, and attitudes. The linear and angular motion concepts as also the ones related to the three Newton's laws will be presented, followed by examples applied to specific movements and, at last, applied to general movements.

**Keywords:** Physical Education school; biomechanics; Newton's laws.

## I. INTRODUÇÃO

A biomecânica ainda é encarada por muitos alunos e professores, até dentro da própria universidade, como uma disciplina a ser estudada e compreendida por técnicos que lidam com o desporto de alto rendimento ou

por profissionais que tenham profundo conhecimento de física e matemática. Esse conceito infelizmente permeia o meio acadêmico da Educação Física e, por sua própria idéia limitada, afasta grande número de profissionais do contato mais direto com a disciplina. Obviamente, colabora para a construção desta concepção a forma como a maioria dos pesquisadores e docentes da área vem desempenhando seu papel, priorizando a pesquisa básica e laboratorial, focalizando a alta performance e raramente desenvolvendo pesquisas mais aplicadas.

Mas se esse entendimento inadequado da biomecânica está presente em diversos setores da Educação Física, parece que na escola ele é ainda mais perceptível. Considerando que a prática motora presente na Educação Física escolar não deve enfatizar a aptidão física e o rendimento padronizado, mas, sim, “apresentar uma concepção mais abrangente, que contemple todas as dimensões envolvidas em cada prática corporal” (BRASIL, 1997, p. 27), pouco se visualiza sua aplicação nesse ambiente.

Com isso, muitos professores ainda vêm esta disciplina como um conjunto de fórmulas matemáticas e de equações que nada acrescentam ao conhecimento necessário para a intervenção profissional dentro da escola. Partindo desse entendimento, não se consegue estabelecer uma relação entre a biomecânica e o conhecimento ensinado aos alunos da Educação Básica, pois se esses conhecimentos são considerados menos relevantes para os professores, que importância poderiam ter para os estudantes da Educação Infantil ou do Ensino Fundamental e Médio?

Lentamente essa visão equivocada sobre a biomecânica está sendo modificada. Aos poucos os pesquisadores da área demonstram que está presente no cotidiano do professor de Educação Física, pois, como salientam Freitas e Lobo da Costa (2000, p. 81), conceitos e princípios da biomecânica estão presentes em “todo e qualquer movimento corporal”. A intenção, ao apresentar este ensaio, é contribuir para essa transformação, construindo um texto para graduandos e professores de Educação Física, que tem como objetivo:

1. defender a importância da biomecânica como conteúdo da Educação Física escolar e como conhecimento que fundamenta a prática pedagógica do professor; e
2. com base nos conceitos biomecânicos básicos contidos principalmente nas 3 leis de Newton, apresentar alguns exemplos de situações em que o conhecimento da biomecânica poderá auxiliar na solução de problemas frequentes na Educação Física escolar.

## **2. A BIOMECÂNICA COMO CONTEÚDO DA EDUCAÇÃO FÍSICA ESCOLAR**

O conhecimento da biomecânica deve ser considerado relevante não apenas para o professor, mas também para o aluno. A importância desse conhecimento é enfatizada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997), como se pode verificar no trabalho de Freitas e Lobo da Costa (2000). Nesse trabalho, os autores evidenciam que, embora não apareça de forma detalhada nos PCNs, fica notória sua importância como conteúdo da Educação Física.

Discutir o conteúdo da Educação Física na educação formal não é uma tarefa simples. Primeiro, porque o termo “conteúdo”, presente no cotidiano dos estudos sobre currículo escolar, está bastante desgastado e pode apresentar diferentes significados. Segundo, porque na Educação Física, embora inúmeros autores proponham conteúdos a ser ensinados, a discussão sobre esse tema parece ainda bastante incipiente e superficial. Por isso mesmo, questões sobre o que selecionar ou como organizar os conteúdos da Educação Física, durante os diferentes anos e níveis de ensino da Educação Básica, merecem ser estudadas.

Inicialmente, é importante apresentar o significado aqui atribuído ao termo “conteúdo”. Utilizando Coll, Pozo, Sarabia e Valls (1998, p. 12), podemos definir conteúdo como “o conjunto de conhecimentos ou formas culturais cuja assimilação e apropriação pelos alunos e alunas é considerada essencial para o seu desenvolvimento e socialização”. Em sua concepção, o autor salienta que é contrário à visão tradicional, que considera como conteúdo apenas um conjunto de fatos e conceitos. Assim, defende que os saberes culturais são compostos por “conceitos, explicações, raciocínios, habilidades, linguagens, valores, crenças, sentimentos,

atitudes, interesses, modelos de conduta” (p. 13). Por meio desse entendimento, Zabala (1998) propõe três dimensões dos conteúdos: conceituais, procedimentais e atitudinais. Essa proposta de caracterizar o conteúdo ou os saberes escolares nessas três categorias foi apresentada também nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997) e foi importante, dentre outras coisas, por enfatizar que na escola não se ensina apenas conceito e fato, mas também habilidades, técnicas, atitudes, normas e valores.

Nessa perspectiva, podemos questionar: que conhecimentos ou formas culturais, essenciais o aluno deve aprender durante as aulas de Educação Física? Como esses conhecimentos podem ser organizados nas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais? Com certeza, essas são perguntas de difícil resposta, mas que todo professor de Educação Física, a sua maneira, procura responder. Focalizando o tema específico do presente artigo, podemos, ainda questionar: que conhecimentos da biomecânica devem ser aprendidos durante a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio? Esses conhecimentos são essenciais aos alunos? Podem ser classificados em procedimentais, conceituais e atitudinais?

## **2.1 CONTEÚDOS DE NATUREZA PROCEDIMENTAL E A BIOMECÂNICA**

O conteúdo procedimental é composto pelo conjunto de técnicas, habilidades ou procedimentos que devemos saber executar, ou seja, é um “saber fazer” (FREIRE, 1999). Em nossa área, muitas vezes se entende que o saber fazer a ser ensinado resume-se na execução de exercícios físicos e habilidades motoras, o que não é verdade, pois embora esses sejam procedimentos específicos da Educação Física e estejam presentes em todas ou em grande parte das aulas, outros procedimentos são ou poderão ser ensinados. Zabala (1998) explica que há diferentes tipos de procedimentos. Podem envolver um diversificado número de ações, ser algorítmicos ou heurísticos e, ainda, motores ou cognitivos. Assim, há na Educação Física um conjunto de conhecimentos procedimentais que não envolvem a execução de movimentos por parte dos alunos, mas sim outras formas de saber fazer que podem levar a uma outra relação com o movimento.

Vemos em Betti (1999), por exemplo, a discussão sobre a relação entre esporte, televisão e Educação Física escolar. Diante do impacto que a televisão tem no mundo atual e, conseqüentemente, para as aulas de Educação Física, o autor apresenta algumas propostas para que o professor utilize a televisão, trabalhando com a “mixagem” e depois em “estéreo”, procurando “um equilíbrio entre assistir e praticar esporte” (Betti, 1999, p. 225, grifo do autor). Assim, o estudante poderá vivenciar o esporte e apreciá-lo, seja pela transmissão televisiva, seja pelo acompanhamento de um evento esportivo diretamente em seu local de realização. Ensinar os alunos a apreciar o evento esportivo, por exemplo, implica que identifiquem o sistema tático empregado por cada equipe, os erros nesse sistema, as habilidades específicas de cada atleta, bem como os erros na execução dessas habilidades. Implica também ensinar a “identificar outros modelos de prática esportiva que não o hegemônico, a partir das contradições contidas no próprio discurso televisivo” (Betti, 1999, p. 224). Dessa forma, fica menos suscetível a informações erradas, confusas e mal-intencionadas de muitos “comentaristas esportivos”.

Alguns desses conhecimentos, que envolvem a identificação, a comparação e a criação de respostas ou sugestões para os problemas percebidos, são formas de procedimento aprendidas, por exemplo, por milhões de brasileiros que apreciam o futebol e que se julgam um pouco “técnicos” da modalidade. Esses e outros procedimentos, aplicados a diversas formas de manifestações culturais em que o movimento esteja presente, podem e devem ser ensinados nas aulas de Educação Física.

Para aprender essas duas formas de conteúdo procedimental, os conhecimentos da biomecânica podem ser relevantes. No primeiro caso, o aluno deverá perceber como aplicar os princípios da mecânica ao movimento para conseguir executar com o sucesso esperado determinado exercício físico ou habilidade motora. Portanto, o domínio da posição do corpo no espaço determinada pelas variáveis cinemáticas, assim como da força aplicada para manter a postura ou deslocar um implemento caracterizada pelas variáveis cinéticas, é essencial para

a execução dos movimentos em geral. Por exemplo, a execução de um saque no voleibol exigirá dos alunos uma seqüência de movimentos envolvendo transferência de velocidade entre os segmentos e uma aplicação de força em um ângulo específico. Ao vivenciarem essa execução repetidas vezes, serão capazes de alcançar maior controle dessas variáveis, conseguindo determinar o local da quadra no qual a bola deverá cair.

Procedimentos não motores podem exigir também a compreensão e a aplicação de conhecimentos da biomecânica. A habilidade para identificar nos colegas ou em atletas erros cometidos durante a execução de uma habilidade motora envolve a percepção e a compreensão das variáveis mecânicas envolvidas em cada momento. É muito mais fácil identificar um erro quando se consegue dividir o movimento em suas diversas fases e se localizam seus elementos-chave e as variáveis mecânicas vinculadas a eles (CARR, 1998). Vejamos um erro no chute de futebol: a bola não está saindo com a potência necessária. O movimento divide-se nas seguintes fases: corrida preparatória, movimentos de balanceio para trás e colocação do pé de apoio, movimentos produtores de força e recuperação. Cada fase influencia a seguinte, e erros cometidos nas fases iniciais afetarão todas as demais. Em cada fase existem elementos-chave que definem seu sucesso. Por exemplo, na fase de produção de força deve ocorrer a transferência correta da força peso para o pé da frente, extensão do joelho da perna de chute, rotação do quadril etc. Cada um desses elementos-chave está vinculado a uma variável mecânica: transferência do peso – permite a contínua aplicação de força; extensão do joelho – permite uma maior velocidade linear do pé no chute; rotação do quadril – aplicação de força por mais tempo, isto é, maior impulso e assim por diante.

Se, ao corrigirem os alunos, os professores utilizarem esse tipo de análise, serão capazes de, mais rapidamente, resolver os erros, em vez de pedir diversas alterações sem ter base sólida para isso. Ao mostrarem seu raciocínio aos alunos, também permitirão que comecem a utilizá-lo em seu dia-a-dia para entenderem os erros de colegas ou de atletas em competições.

## **2.2 CONTEÚDOS DE NATUREZA CONCEITUAL E A BIOMECÂNICA**

A dimensão conceitual é composta de fatos, princípios e conceitos que devem ser compreendidos, caracterizando um “saber sobre” ensinado na escola. Na Educação Física, esse conteúdo conceitual é composto de conhecimentos sobre o movimento (FREIRE, 1999). Considerando que o movimento envolve princípios da mecânica, compreender o movimento implica, com certeza, a compreensão de alguns princípios da biomecânica. Obviamente, esses conhecimentos devem ser significantes para os alunos, ou seja, só interessa a compreensão desses conhecimentos se houver uma aplicação à realidade do aluno.

Os conhecimentos da biomecânica estão diretamente relacionados com a física e, portanto, envolvem a articulação de conhecimentos aprendidos nesse outro componente curricular. Podemos ver, assim, um projeto multidisciplinar interessante, envolvendo a física ou ciências como a Educação Física. Não propomos aqui que a Educação Física passe a ser responsável por ensinar os conceitos da física, mas sim que os alunos compreendam como alguns desses conceitos aparecem na prática do movimento humano.

Em sala de aula, exemplos desses conceitos de movimento em que usualmente são empregados blocos apoiados em mesas, explicações mostrando a relação entre o tempo que um trem demora a encontrar outro ou até a trajetória de uma bala de canhão podem ser muito mais claramente vistos com movimentos esportivos. Assim, bons exemplos seriam mostrar o atrito da sola do tênis com diferentes superfícies, noções de diferenças de velocidade de bola ou a de projétil utilizando a trajetória parabólica de qualquer arremesso.

## **2.3 CONTEÚDOS DE NATUREZA ATITUDINAL E A BIOMECÂNICA**

Por conhecimentos de natureza atitudinal identificamos normas, valores e atitudes que o professor quer ensinar a seus alunos durante as aulas. Esse tipo de conhecimento tem sido relegado a segundo plano nos planejamentos elaborados pelos professores, mas, de forma implícita, está sempre presente no relacionamento

interpessoal que acontece no ambiente de aprendizagem. A forma como esses conhecimentos aparecem na Educação Física ainda não foi suficientemente estudada. Freire, Soriano e de Santo (1998) propõem que essa dimensão está diretamente relacionada ao preparo do aluno “para” a utilização de seu potencial motor, o que implica valorizar essa prática e adotar atitudes adequadas, cumprindo normas básicas de segurança.

Sob essa perspectiva, podemos identificar uma dimensão atitudinal da biomecânica, procurando levar o aluno a valorizar a utilização dos conhecimentos aprendidos nas aulas para uma melhor compreensão de seu potencial motor, buscando uma prática consciente. Aparece claramente a ênfase na segurança do aluno, que poderá adotar uma atitude correta evitando sobrecargas e, conseqüentemente, lesões.

### **3. A BIOMECÂNICA COMO FUNDAMENTO PARA A PRÁTICA PEDAGÓGICA DO PROFESSOR**

Para que a biomecânica esteja presente como conteúdo da Educação Física na Educação Básica, é preciso que os professores compreendam, valorizem e apliquem os conhecimentos dessa disciplina.

Para começar esse trabalho, será necessário avaliar os alunos nessas três dimensões. Por meio da avaliação, definem-se objetivos específicos e os conteúdos a ser aprendidos, seguindo-se a organização, criação e proposição de formas de intervenção que possibilitem a aprendizagem dos conteúdos, sejam eles conceituais, procedimentais ou atitudinais. O conhecimento da biomecânica pode ser importante na realização dessas três etapas, pois os professores irão avaliar o movimento realizado, sua mecânica e erros; quanto os alunos sabem sobre esse movimento, inclusive nos aspectos biomecânicos, e se valorizam o movimento.

Freire (1999) afirma que a Educação Física escolar tem priorizado o conhecimento procedimental motor, ou seja, as aulas enfocam apenas o “saber fazer” determinadas habilidades motoras, típicas de modalidades esportivas. Predomina, a partir da 5ª série do Ensino Fundamental, a ênfase no ensino de modalidades esportivas. Nessa prática, valores, atitudes e normas são aprendidos. Como o processo de aprendizagem tem sido mecânico e padronizado, os alunos podem entender que, no movimento, o importante é executar, como se essa execução envolvesse apenas o “corpo”, estando ausentes cognição e afetividade. Enfim, mais uma vez a dicotomia.

Como conseqüência disso, muitos dos que escolhem cursar a graduação em Educação Física trazem consigo essas concepções e valores. Dessa forma, imaginam que não há o que estudar durante o curso, mas “o que fazer”. Por isso, muitas vezes desconsideram a relevância das disciplinas de fundamentação, como é o caso da biomecânica.

Para complicar ainda mais a situação, encontram pela frente alguns docentes que tratam a biomecânica como uma disciplina para poucos e que não se preocupam com a aplicação ou compreensão do aluno. Esses são alguns dos motivos pelos quais o professor não consegue aplicar ou, pelo menos, não tem consciência de que a biomecânica está presente na prática pedagógica desenvolvida na escola.

Não podemos afirmar que o professor não seja competente para utilizar a biomecânica em seu trabalho. Muitos professores ensinam seus alunos a executar uma habilidade motora e, para isso, recomendam que executem o movimento de forma mais rápida ou pedem que mantenham uma postura que aumente o equilíbrio e estabilidade durante a execução.

Nessas informações, estão embutidos conceitos biomecânicos, e elas podem ser eficientes para que o aluno consiga uma execução eficiente da habilidade motora envolvida. Contudo, saber utilizar os conceitos sem compreendê-los limita a ação dos professores. Os professores que apresentam essas informações aos alunos, mas que não sabem explicá-las, estarão ensinando conceitos errados, além de enfatizarem atitudes e valores inadequados. Além disso, ao não compreenderem as informações que apresentam, provavelmente não conseguirão utilizar essas dicas para ensinar outras habilidades motoras. Reproduzem o gesto motor como apresentado em alguns livros, e, quando necessitam ensinar uma dada habilidade em que não sabem exatamente qual é o padrão empregado, não conseguirão ensiná-la.

Assim, partindo dos conceitos pedagógicos de reflexão sobre a prática de ensino em Educação Física, em que se enfatiza a consciência sobre a ação executada, combatendo-se práticas rotineiras dentro do cotidiano escolar, no qual se reproduz, automaticamente, sua aparente competência prática (KRUG; CANFIELD, 1998), a biomecânica surge como um instrumental fundamental para ajudar na visão crítica e consciente do movimento. Para ser possível essa análise qualitativa do movimento, é fundamental o conhecimento básico da mecânica, aplicando-o ao movimento. Assim, é preciso que os professores vejam que a biomecânica faz parte de seu cotidiano.

#### 4. CONCEITOS MECÂNICOS BÁSICOS E SUA APLICAÇÃO NA EDUCAÇÃO FÍSICA ESCOLAR

##### 4.1 VELOCIDADE LINEAR E ANGULAR E A RELAÇÃO ENTRE ELAS

De acordo com o proposto por Silva e Nazaki (1996), as diferentes formas de movimento – linear e angular – serão abordadas conjuntamente.

###### 4.1.1 O conceito de movimento linear e angular

O movimento linear ou de translação é caracterizado pelo movimento em que as partes de um objeto percorrem a mesma distância na mesma direção ao mesmo tempo. Já o movimento angular ou de rotação ocorre ao redor de um eixo (CARR, 1998).

O movimento linear é medido em centímetros ou em metros ( $e$ ), e o movimento angular nas articulações, em graus ( $\theta$ ). Para analisá-lo, é necessário, inicialmente, determinar um sistema de referência espacial. Esse sistema pode ser bidimensional ou tridimensional. Um sistema de referência bidimensional possui dois eixos imaginários arranjados perpendicularmente um ao outro. Os dois eixos ( $x, y$ ) são geralmente posicionados de modo que um fique vertical ( $y$ ) e outro horizontal ( $x$ ).

Usa-se esse tipo de sistema quando o movimento como um todo ocorre em um único plano. Acrescenta-se o eixo  $z$  à análise quando a noção de profundidade (medial lateral) precisa ser adicionada às componentes vertical (para cima e para baixo) e horizontal (frente e trás).

*Exemplos:*

1. Um exemplo clássico é o andar. Se observarmos uma marca em qualquer parte do corpo do indivíduo, por exemplo, uma marca no quadril, verifica-se que, quando o indivíduo se desloca, ela também se desloca tanto para a frente (eixo  $x$ ), como para cima e para baixo (eixo  $y$ ), como para a lateral (eixo  $z$ ), dada a oscilação natural do andar. Mas, ao mesmo tempo ocorre uma rotação dos segmentos em torno das articulações do tornozelo, joelho, quadril e ombro.
2. Ao realizar-se uma rondada no momento do apoio da mão no chão, pode-se observar uma rotação do corpo como um todo em torno do eixo punho e, ao mesmo tempo, um deslocamento de qualquer ponto do corpo, por exemplo, uma marca colocada no calcanhar.

Pelo deslocamento, pode-se calcular a velocidade tanto linear ( $V$ ) como angular ( $\omega$ ).

###### 4.1.2 O conceito de velocidade linear e angular

Para se estudar a velocidade do movimento, é necessário estabelecer o tempo necessário para o deslocamento e, especificamente para a velocidade angular, o eixo em torno do qual se estudará o movimento. Pode-se definir velocidade linear como o espaço percorrido pelo tempo gasto para percorrê-lo ( $e/t$ ) e velocidade angular como o ângulo percorrido pelo tempo gasto para percorrê-lo ( $\theta/t$ ).

*Exemplos:*

1. Um exemplo em que se pode observar os dois parâmetros é a análise do deslocamento do antebraço em torno da articulação do cotovelo em que um ponto é marcado no punho, partindo-se da posição

estendida ao longo do corpo ( $180^\circ$ ) e terminando o movimento ao formar um ângulo de  $90^\circ$  com o braço. Suponha que o tempo necessário para o deslocamento de  $90^\circ$  seja de 2s e a marca do punho percorreu 20 cm para cima (no eixo y). A velocidade angular da rotação do antebraço sobre o braço é de  $90^\circ/2$  ( $\omega = \theta/t$ ), isto é,  $45^\circ$  por segundo, e a velocidade linear ( $v = e / t$ ) da marca do punho no eixo y é de 10cm/s.

#### Aplicações:

1. Em geral, os professores, ao analisarem um movimento, não irão, é claro, calcular numericamente o valor da velocidade. Para isso, seria necessário um trabalho no laboratório. Mas o conceito de pedir ao aluno para aumentar a velocidade linear ou angular no movimento é bem comum, assim como utilizar a relação entre elas. Quando se pede ao aluno para se deslocar mais rápido até determinado ponto, a intenção é que ele diminua o tempo de execução e, com isso, aumente a velocidade linear de seu centro de gravidade (CG). O centro de gravidade de um indivíduo, segmento ou objeto representa o ponto em que o efeito total da gravidade age sobre o corpo. A mesma idéia é aplicada ao se pedir que o indivíduo faça uma “rotação de braço mais vigorosa”. Isso significa que o braço deve percorrer o mesmo ângulo em um menor tempo, isto é, com maior velocidade angular.
2. Mas o conceito ainda mais utilizado é o da relação entre elas. Para entender esse conceito, vamos partir de um problema comum, encontrado pelos professores ao ensinarem o saque por baixo no voleibol. Situação: a criança não está conseguindo que a bola ganhe velocidade linear suficiente para passar a rede, isto é, o aluno não alcança o objetivo primário do saque, que é a bola chegar na quadra adversária. Se o professor falar simplesmente “bata na bola com mais força”, pode ser que até consiga que a criança melhore sua execução, mas dependerá do que a criança considera utilizar mais força. O professor poderá, em vez disso, dar algumas informações básicas ao aluno, tais como: procure bater na bola com o cotovelo estendido, procure movimentar o braço mais rapidamente, flexione os joelhos e estenda, ao final, gire o tronco. Todas essas ações irão levar a criança a aplicar mais força na bola e todas estão relacionadas aos conceitos de transferência de velocidade linear ou angular; respectivamente: velocidade linear da mão, velocidade angular do braço em torno do eixo ombro, da perna em torno do eixo joelho, e do tronco em torno do eixo quadril e todas serão transferidas para a bola com o intuito de aumentar a velocidade de saída da bola. Mas por que estender o cotovelo, ao final, aumenta a velocidade linear da mão? Especificamente, é nisso que se pode observar a relação entre velocidade linear e angular.

### 4.1.3 Conceito da relação velocidade linear angular

A velocidade linear de um ponto sobre um corpo em rotação é o produto da distância daquele ponto até o eixo de rotação pela velocidade angular do corpo em torno do eixo ( $V = \omega r$ ).

#### Exemplos:

1. Partindo-se do exemplo anterior, considere que não somente existisse uma marca no punho do indivíduo, mas também uma marca no cotovelo, e que se pedisse ao indivíduo para executar um movimento de rotação (flexão) em torno do eixo ombro: partindo-se da posição estendida do braço ao longo do corpo ( $180^\circ$ ) e terminando o movimento quando o braço como um todo formasse um ângulo de  $90^\circ$  com a vertical. Ambas as marcas percorreram  $90^\circ$  no mesmo tempo, portanto têm a mesma velocidade angular ( $\omega$ ), mas a marca do punho percorreu maior distância linear do que a marca do cotovelo e, portanto, tem uma velocidade linear maior ( $v$ ); o que determina essa velocidade linear maior é a distância da marca até o eixo de rotação ( $r$ ). Se comparássemos a marca do cotovelo com uma terceira marca no ombro, a marca do cotovelo teria uma velocidade linear maior do que a do ombro e assim por diante. Em resumo, quanto maior a distância do ponto até o eixo de rotação, maior a velocidade linear desse ponto.

*Aplicações:*

1. Procurando responder à pergunta final da aplicação prática 2, deve-se pedir ao aluno para estender o cotovelo ao final do movimento de saque por baixo, porque com isso aumenta a distância do ponto de contato com a bola até o eixo e, por conseqüência, a velocidade linear da mão. A importância de aumentar essa velocidade é que esta será primordialmente transferida para a bola, somada, é claro, como já comentado, às velocidades angulares das outras partes do corpo, que deverão ser transferidas para a mão no momento final do contato.
2. Esse mesmo conceito pode ser aplicado no arremesso de disco ou no chute no futebol. Em ambos os casos, o professor pede ao executante que, ao final, estenda as articulações do segmento que faz o contato com o implemento para que este ganhe a maior velocidade possível na saída.
3. Outro exemplo a ser dado é a completa extensão do joelho ao se partir para um salto ou, até mesmo, na impulsão final da corrida. Isso é feito para aumentar o raio, isto é, a distância do contato no solo até o eixo quadril e, com isso, obter maior velocidade linear do CG.
4. A outra variável possível de ser alterada é a velocidade angular. Vejamos um exemplo em que dois jogadores de voleibol executem uma cortada e um deles tenha maior envergadura. Pensando somente na variável raio (distância do ponto de contato até o eixo, no caso ombro) na execução da cortada, o executante de maior envergadura deveria obter uma saída mais veloz de bola após o contato, mas se o outro, que tem uma menor envergadura, possuir maior velocidade de rotação do braço em torno do eixo ombro (maior velocidade angular), poderá, ao final do contato, até obter maior velocidade linear ( $V$ ) de saída de bola.

*Aplicação em geral:*

O conhecimento de todos esses conceitos permite não somente que se entenda melhor o conceito de “aplicar mais força à bola” ou a qualquer implemento a ser utilizado, ou até mesmo ao corpo como um todo (CG), mas principalmente dá instrumental ao professor de Educação Física para, ao mexer com as variáveis biomecânicas individualmente, trazer a seus alunos uma noção de como pequenas alterações da mecânica do movimento alteram o que ele é capaz de produzir, trazendo maior compreensão das possibilidades do corpo. Para tanto, a proposta seria, por exemplo: em uma aula para crianças em que se trabalhe o arremesso de uma bola para cima, primeiro pedir que as crianças arremessem a bola sem usar a extensão completa dos joelhos, depois sem a extensão completa dos cotovelos, depois já com uma das mãos acrescentar a rotação do tronco e assim por diante, de acordo com a criatividade do professor. Mas, basicamente, utilizando os princípios da mecânica como subsídio para facilitar a construção do movimento.

## 5. A 1ª LEI DE NEWTON E SUA APLICAÇÃO NA PRÁTICA PEDAGÓGICA

### 5.1 CONCEITO

Segundo Hay (1981), a primeira lei de Newton, também chamada lei da inércia, diz: todo corpo permanecerá em estado de repouso ou de movimento, a menos que seja aplicada uma força sobre ele. Esse conceito aplica-se tanto ao movimento linear como ao angular. No movimento linear, a inércia é igual à massa ( $I = m$ ). Quanto maior a massa de um corpo, maior sua inércia. Já no movimento angular, a inércia depende da massa e da distância dessa massa ao eixo de rotação ( $I = mr^2$ ).

*Exemplos:*

1. Dois indivíduos preparando-se para uma saída de bloco, se tudo o mais for igual, o que tiver menor massa (conseqüentemente menor peso,  $p = mg$ ) necessitará de menor força para sair de seu estado de repouso, pois terá menor inércia.
2. Dois indivíduos com a mesma massa preparando-se para realizar um giro gigante na barra, se tudo o mais for igual, e um deles for um pouco mais alto que o outro (tronco maior), este terá maior

distância do seu CG até a barra em torno da qual gira (eixo), portanto, um raio maior; terá, então, maior inércia, e será necessário ter uma maior resultante da força aplicada para vencer a resistência e realizar o movimento.

#### *Aplicações:*

1. Essa é uma das razões para dividir em categorias por peso as atividades que envolvem deslocamento e queda de um indivíduo, como é o caso das lutas, pois quanto maior o peso do indivíduo, maior deverá ser a força empregada para tirá-lo da inércia, de movimento ou de repouso.
2. O exemplo mais comum da inércia no movimento angular é no ensino do rolamento para a frente. No início do aprendizado, pede-se ao iniciante que parta da posição agachada e que procure manter o queixo junto ao peito. Isso nada mais é do que se pedir mecanicamente a ele que diminua o raio – isto é, a distância da força peso (resistência) até o eixo (tendo como eixo inicialmente o pé e depois as mãos no rolo propriamente dito) de maneira que diminua a inércia e, com isso, exerça menor força para sair do repouso.
3. É comum a criança, ao executar o polichinelo, deixar braços e pernas semiflexionados. Isso acontece porque percebe, naturalmente, que assim é mais fácil executar o movimento. Ao fazer isso, diminui a distância da força peso do braço + antebraço + mão (CG) ao eixo de rotação (ombro), reduzindo a inércia e a força necessárias para executar o movimento. O mesmo acontecendo em relação aos membros inferiores.
4. Em quase todos os movimentos esportivos com bola existe uma fase em que se procura aumentar a velocidade angular do segmento pela diminuição do raio e conseqüente diminuição da inércia. No chute no futebol na perna, na fase que antecede o contato com a bola, no handebol na fase anterior à soltura da bola no arremesso ou passe, no voleibol na fase que antecede o contato com a bola para a cortada ou saque e assim por diante.

#### *Aplicação em geral:*

O conceito, explicado acima de forma muito simplificada, tem inúmeras aplicações dentro do aprendizado e da correção de habilidades a partir do momento que os movimentos podem ser facilitados ou dificultados pela variação da inércia, por meio da alteração da distância da resistência até o eixo, isto é, flexionando ou estendendo as articulações em relação ao eixo de movimento. O foco da aplicação prática anterior era aumentar a velocidade linear no contato com o implemento. No caso desta aplicação prática, o foco está na velocidade angular dos segmentos e na força necessária para a execução da rotação. A sugestão inicial seria que os alunos exercitassem elevar os braços (ou as pernas) com pequenos implementos ou até mesmo pesos pequenos (sacos de areia) apoiados em diferentes locais dos segmentos desde bem perto do eixo até bem afastados do eixo para perceber como isso altera a força necessária para a execução do movimento. Um segundo passo seria pedir que executassem um movimento completo proposto, por exemplo, o chute no futebol, sem executar a flexão do joelho antes do toque na bola e perceber como o ganho de velocidade angular e a diminuição da força exercida auxiliam na execução do movimento.

## **6. A 2ª LEI DE NEWTON E SUA APLICAÇÃO NA PRÁTICA PEDAGÓGICA**

### **6.1 CONCEITO**

A aceleração que um corpo obtém é diretamente proporcional à força (torque) aplicada e inversamente proporcional à massa (inércia) do corpo. No movimento linear, está associada à fórmula  $F = ma$ , e no movimento angular, a  $T = I\alpha$ . A primeira forma é amplamente conhecida e está associada diretamente ao conceito visto na física básica do segundo grau. Significa que, quanto maior a força aplicada, se a massa for a mesma, maior será a aceleração que o corpo obterá ou, também, se tenho dois corpos e um tem maior massa, será necessária uma força maior para tirar esse corpo da inércia. O mesmo acontece no movimento angular.

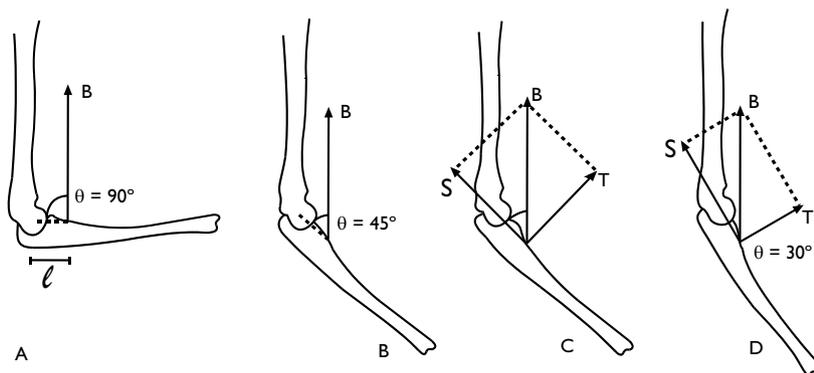
Como já vimos na primeira lei, a inércia no movimento angular depende da massa e do raio. Se a inércia for menor, para um mesmo torque teremos aceleração angular maior ( $\alpha$ ). A aplicação está diretamente ligada ao que foi explicado na lei da inércia. O problema no entendimento dessa lei no movimento linear está mais vinculado às componentes vertical e horizontal da força vista como um vetor, assim como no somatório destas mesmas forças. Já no movimento angular, está no vínculo do torque ao conceito de alavancas. Por isso, é onde fixaremos nossas explicações. Na primeira parte, serão abordados os conceitos no movimento linear e, depois, no angular.

## 6.2 MOVIMENTO LINEAR

Exemplos:

1. Ao se arremessar uma bola para a frente e para cima, para que ocorra esse movimento, é necessário que se exerça inicialmente força no eixo  $x$  (horizontal) e no eixo  $y$  (vertical). Se exercermos força apenas no eixo  $x$ , a bola irá somente à frente, e se exercermos força somente no eixo  $y$ , ela irá somente para cima. Quando se mede a velocidade do chute de Roberto Carlos em cobrança de falta ou a velocidade do saque do Guga no tênis, tem-se somente o valor total do vetor, e para obter suas componentes em  $x$  e  $y$ , é necessário saber o ângulo de aplicação da força. Aí está o que define um vetor, valor, direção, ponto de aplicação e a linha de ação (ângulo) com a horizontal ou vertical.
2. Ao se realizar um salto em altura ou um salto em distância, o ângulo de aplicação de força com o pé é fundamental. Obviamente, se o objetivo é saltar mais alto (obter grande velocidade em  $y$ ), mas ainda tendo de passar pelo sarrafo (velocidade em  $x$ ), o ângulo de aplicação de força com a horizontal será grande, pois com isso se obterá uma componente grande em  $y$ . O raciocínio no salto em distância é para se obter uma grande componente em  $x$  (maior distância horizontal), mas ainda tendo de elevar o CG do solo (componente em  $y$ ). Com isso, o ângulo de aplicação de força será pequeno com a horizontal, obtendo-se portanto uma grande componente em  $x$ .
3. Assim como acontece com forças externas ao corpo humano, é possível estudar esses conceitos de força como vetor no próprio músculo. O músculo tem um valor de força exercida ( $B$ ), um ponto de aplicação determinado pela inserção proximal e distal e o ângulo que faz com o segmento que desloca. Considera-se como eixo  $x$  o eixo do segmento que se desloca e o eixo  $y$  o que faz  $90^\circ$  com o segmento. Tomemos por exemplo o bíceps na Figura 1.

Figura 1

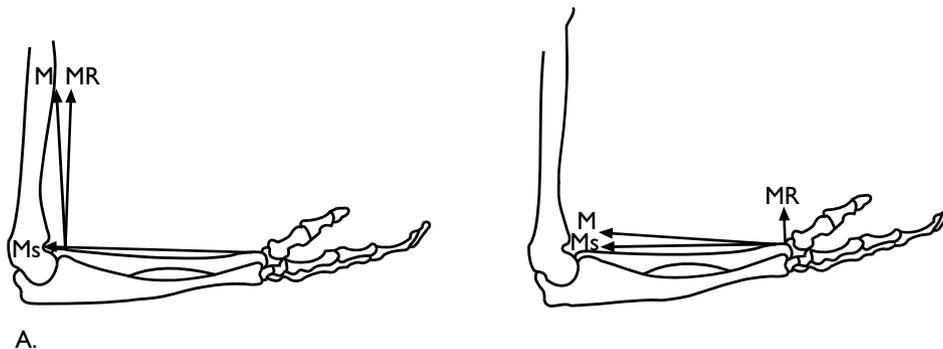


Em A em que  $\theta = 90^\circ$ , toda a força do bíceps é de rotação. Em C e D são mostradas as componentes retangulares do bíceps quando este age a  $45^\circ$  e  $30^\circ$  ao longo do eixo do antebraço. T e S são, respectivamente, as componentes de rotação e de estabilização do bíceps (extraído de WILLIAMS; LISSNER, 1977).

A seta *B* é desenhada a partir da ligação da origem com a inserção do bíceps, obviamente fixas. Com o braço a  $90^\circ$  (Figura 1A), existe somente uma componente em *y*, a de rotação, pois a ligação da origem com a inserção (parte superior da articulação do ombro-tuberosidade do rádio) forma um ângulo de  $90^\circ$  com o segmento que se desloca. Conforme o ângulo da linha de ação do músculo com o antebraço diminui, a componente em *x* (estabilização) surge e aumenta, e a componente em *y* (rotação) diminui. O que significa isso? Significa que, no braço a  $90^\circ$ , como o bíceps tem uma única componente, isto é, não teve de se decompor, e este componente é só em *y*, é o ponto em que ele tem maior capacidade de exercer força para mexer o braço. Já em *D*, é quando o bíceps tem maior componente em *x*, isto é, quando tem menor capacidade de exercer força e maior condição de estabilizar a articulação. Isso é fácil de observar, pois a componente de estabilização (compressão) está direcionada para juntar os ossos.

4. Assim como foi feito para o bíceps em vários ângulos diferentes, pode-se observar o mesmo em músculos diferentes. Isto é, a partir do ponto de aplicação e da linha de ação dos músculos determina-se se o músculo é motor primário da ação (tem grande capacidade de deslocar o segmento) ou se é somente um auxiliar (tendo, portanto, maior capacidade de estabilizar a articulação). A função de estabilizar também é importante, pois somente os ligamentos e tendões não seriam capazes de segurar as articulações durante movimentos mais vigorosos. Observe na Figura 2 a representação dos músculos bíceps (acima) e braquiorradial (abaixo).

**Figura 2**



Comparação entre as componentes de estabilização e de rotação dos músculos bíceps e braquiorradial (Fonte: WILLIAMS; LISSNER, 1977).

No ângulo atual, o bíceps possui uma maior componente em *y* (*Mr*) do que o braquiorradial. Já a componente em *x* do braquiorradial é bem maior que a do bíceps. Isso significa que, nesse ângulo, a função maior do bíceps é fazer o movimento e a do braquiorradial é estabilizar a articulação.

**Aplicações:**

1. Ao observar um indivíduo correndo com grandes oscilações na vertical (correr saltitando), é fácil entender o que está acontecendo. Em vez de obter maior componente à frente, como seria esperado, pois o objetivo é ir à frente mais rápido e não para cima, o indivíduo está exercendo uma força com ângulo errado – batendo com o pé mais plano no chão do que seria esperado, obtendo uma componente em *y* maior do que deveria.
2. Ao arremessar qualquer implemento para o ar, seja uma bola de basquete, um disco no atletismo, o próprio corpo como na ginástica olímpica, existem ângulos ótimos para se obter a trajetória esperada. Esses ângulos já estão bem descritos na literatura, assim como o que acontece quando erros simples são executados. Em geral, esses ângulos estão em torno de  $45^\circ$ , dependendo da altura que são soltos com relação à altura que caem. Por exemplo, no basquete, saem de uma altura acima da

cabeça e, dependendo da categoria, devem ter que acertar cestas em diferentes alturas. Isso determina diferentes ângulos de aplicação de força.

3. Existem descritos também na literatura alguns ângulos como flexão da perna em torno de  $90^\circ$  na posição de expectativa, braço a  $90^\circ$  na tração no nado de *crawl* e outros, que nada mais são que definidos como a posição em que se consegue exercer melhor a força do músculo necessária ao movimento.

#### *Aplicação em geral:*

Essa idéia, na prática, é fundamental, pois o corpo irá acelerar mais no eixo em que for aplicada maior força, e deslocamentos, tanto de implementos como do próprio corpo, são o fundamento dos movimentos esportivos. A primeira sugestão é que exista uma preocupação por parte dos professores em deixar as crianças livres para experimentarem as várias formas de arremessar o corpo no ar como também o implemento. A fixação muito cedo de uma mecânica considerada ótima pode levar a que a criança, mais tarde, venha a ter dificuldades em lidar com situações novas. E isso mecanicamente falando significa que pequenas alterações de forças e de velocidades, assim como de ângulos de aplicação dessas forças, determinam grandes variações de trajetória. Portanto, se houver uma padronização do que é o correto sem que antes se permita que o corpo adote diferentes posturas para a resolução de diferentes problemas, em caso de necessidade, o repertório motor necessário para alterar um dos parâmetros estará bastante comprometido. Qualquer alteração de altura, velocidade e ângulo de soltura acarretam uma alteração na parábola descrita pelo corpo, o que significa que, ao alterar uma delas, deve-se fazer ajustes nas outras para obter um bom resultado de desempenho. Isso é construído, ao longo da vida, por meio de exercícios variados e de percepção corporal antes de qualquer treinamento de técnica. Já com relação à força interna, isto é, a força muscular, para o professor seria importante ter uma idéia das posturas que porventura possam levar a possibilidades de lesões antes mesmo de se preocupar com as posições que levam ao melhor desempenho, aqui sendo considerado aquele que leve a maior motivação nas aulas. É notório que a posição de agachamento total não deve ser executada por iniciantes. É importante o aluno flexionar os joelhos após uma queda de determinada altura (amortecer) e ir de encontro à bola para recebê-la, pois, ficando parado, toda a força da bola (velocidade) será transferida para sua mão, podendo levar a lesões. Há ainda outras posturas que devem ser enfatizadas pelo professor de Educação Física.

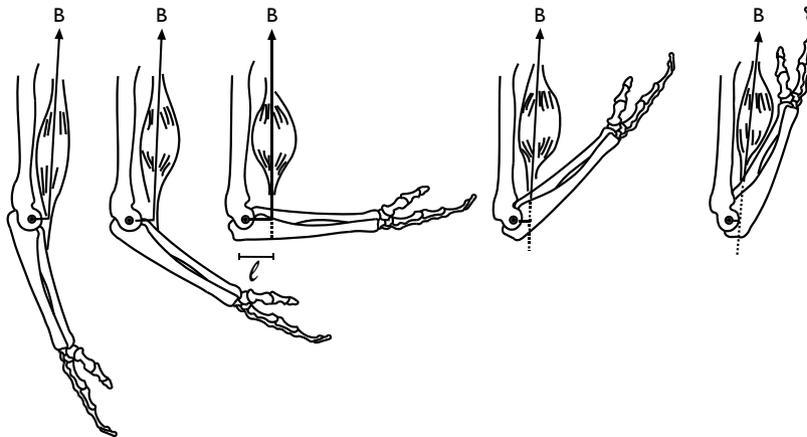
### **6.3 MOVIMENTO ANGULAR**

#### *Exemplos:*

1. Se no movimento linear a preocupação era com o deslocamento do CG do corpo ou com o deslocamento de um implemento, agora o foco de atenção é qualquer movimento de rotação. Para que ocorra, é necessário que se aplique força fora do eixo de rotação do corpo, senão o corpo se deslocará somente para cima e para baixo ou de um lado para o outro. Ao empurrar uma cadeira na lateral sobre seu CG, fazemos com que se desloque para o lado. Se aplicamos força atrás dela também sobre seu CG, ela se desloca para a frente, mas se aplicamos força na extremidade, longe do CG da cadeira, fazemos com que ande para a frente ou para o lado e que rode.
2. Se pensarmos no indivíduo, a idéia é a mesma. Para que o indivíduo rode, por exemplo em um rolamento para a frente, é preciso que a força atuante esteja passando fora do eixo de rotação do corpo que, no caso, é, inicialmente, o pé. A força atuante pode ser simplesmente a força peso ou a força aplicada pelos pés. Se a força peso, ou a força exercida pelos pés, passar sobre o eixo, o indivíduo simplesmente se deslocará para cima ou para baixo. Portanto, quando pensamos em rotação, pensamos em um eixo em torno do qual acontece o movimento, a força exercida para executar o movimento, a resistência a ser vencida com o movimento, assim como as distâncias dessas forças até o eixo. Esse é o conceito de alavanca.

3. Duas crianças com pesos muito semelhantes estão em uma gangorra. A mais esperta inclina o tronco para trás ao tocar no solo, de maneira a deixar a outra de castigo. Pretende com isso aumentar a distância de sua força até o eixo, aumentando, assim, sua possibilidade de rotação. Essa distância é chamada de braço de força e o produto do braço de força pela força é igual ao torque.
4. Do mesmo modo que se estudou a força muscular, pode-se estudar o torque muscular, pois a distância perpendicular da força muscular até o eixo também varia com o ângulo do movimento. Essa distância é determinada abaixo pela letra *l*.

Figura 3



O bíceps (*B*) em vários pontos de flexão do cotovelo, mostrando variações do braço de potência da alavanca (distância perpendicular da linha de ação do tendão ao eixo do cotovelo) (Extraído de WILLIAMS E LISSNER, 1977).

Observa-se que, com o braço a  $90^\circ$ , não somente a componente em *y* é maior, como já descrito, mas também a distância *l* da força até o eixo cotovelo é maior, diminuindo conforme o braço flexiona ou estende. Isso só acentua a maior capacidade de o bíceps realizar o movimento de rotação (flexão) quando o antebraço está a  $90^\circ$  com o braço. Portanto, o braço de força, que é a distância perpendicular da linha de ação do tendão ao eixo, varia de músculo para músculo e depende do ângulo articular.

#### Aplicações:

1. O indivíduo pode usar sua força peso para auxiliar na rotação, como por exemplo em um salto ornamental da plataforma. Sem utilizar a força das pernas, se aumentar a distância da projeção do CG até o eixo de rotação do movimento (pés), pode aumentar sua possibilidade de rotação. Significa que, se deseja dar um mortal ou um mortal e meio, isso pode ser definido por sua inclinação em relação à plataforma. Quanto mais inclinado estiver na saída da plataforma, isto é, quanto maior a distância da força até o eixo, maior a possibilidade de realizar rotações no ar.
2. Mas a força peso pode ser a resistência a ser vencida. Por exemplo, ao se inclinar para pegar um peso em que o eixo de rotação está no quadril, a força peso do tronco + cabeça + peso a ser levantado representa a resistência. A força para elevar todo esse complexo é feita pelos eretores da espinha. A distância da potência (musculatura) até o eixo é determinada pela anatomia, mas a distância que o peso a ser levantado está do eixo depende do indivíduo. Quanto mais distante a resistência estiver do eixo, maior a força (torque de potência) que a musculatura terá de fazer. Portanto, para evitar lesões, deve-se procurar elevar o peso o mais próximo possível do corpo.
3. Ao utilizar o plano inclinado na aprendizagem do rolamento para a frente, a intenção é utilizar a força peso como potência e aumentar a distância desta força até o eixo de rotação pé, fazendo com isso que a criança tenha de exercer a menor força possível (ou quase nenhuma) com os pés.

4. Para tornar um abdominal de elevação de tronco mais difícil, o artifício que se utiliza é afastar a resistência do eixo de rotação (quadril), de maneira a forçar a realização de uma maior potência na execução do movimento. Isso é feito deslocando o CG para longe do eixo quadril pelo movimento dos braços. Quanto mais perto o braço estiver do eixo, mais fácil é a execução do exercício.
5. Nos exercícios de musculação ou naqueles em que se procura trabalhar a força do indivíduo, é imprescindível saber o conceito de torque associado à alavanca, isto é, os braços de resistência e a potência durante os movimentos, para poder controlar as posições em que o indivíduo tem de executar mais força, porque o braço de resistência é maior, ou onde o exercício é mais fácil, isto é, quando o braço de potência é maior, assim como para poder dosar os exercícios quando os indivíduos estiverem vindo de lesões.

#### *Aplicação em geral:*

Como já vimos para a 1ª lei de Newton, uma das formas de facilitar o movimento angular é alterar a inércia. Diretamente relacionada a essa facilitação está a distância da força e da resistência com relação ao eixo de rotação. Utilizar esses conceitos é muito importante quando se pensa nas posturas em geral adotadas tanto no dia-a-dia das crianças, ao sentar em cadeiras, ao andar, elevar cargas, quanto nos exercícios utilizados para a aprendizagem do movimento. As várias seqüências pedagógicas utilizadas no aprendizado se baseiam em formas de simplificá-lo até se chegar ao movimento final. Não que se criem nem que se utilizem seqüências fechadas para todos seguirem até chegarem ao movimento padrão, mas que seu conhecimento e manejo permita a sugestão de formas ou a escolha entre as apresentadas pelos participantes das realmente simplificadas, que possibilitem que o movimento esperado seja alcançado, seja qual for. A proposta seria estudar as várias seqüências pedagógicas que existem, dentro da visão da biomecânica, mais especificamente da geração da rotação, tanto nas articulações quanto do corpo como um todo (o conceito de torque e alavancas) de maneira que se percebam em detalhes os elementos primários que compõem essa estrutura, para poder utilizá-los fora de seu contexto próprio para auxiliar na criação dos movimentos pelos alunos de maneira mais eficiente. Na musculação, mais especificamente, os exercícios deveriam ser estudados com os braços de potência e de resistência determinados para as diversas posições, acoplando-se o conhecimento da eletromiografia para melhor entender a atividade elétrica realmente desenvolvida pelos músculos envolvidos. Isso seria necessário para tirar diversas dúvidas que surgem na hora da aplicação do exercício, como, por exemplo: ao realizar um supino reto ou inclinado, em qual dos dois existe maior atividade do peitoral e, se for o caso, de qual porção, ao aproximar a barra do pescoço ou ao mantê-la na direção dos mamilos, existe alteração na atividade muscular? Diversas outras dúvidas surgem diariamente na prática do profissional.

## **7. A 3ª LEI DE NEWTON E SUA APLICAÇÃO NA PRÁTICA PEDAGÓGICA**

### **7.1 CONCEITO**

A toda ação corresponde uma reação igual e contrária. Esse é o conceito que, em geral, as pessoas mais facilmente recordam. O maior problema na compreensão desse conceito está em perceber que a ação age sobre um corpo e a reação em outro corpo.

#### *Exemplos:*

1. Ao dar um murro na parede, a ação é realizada pelo indivíduo na parede, e a reação é sentida na mão. Pode acontecer de a mão quebrar e a parede não sofrer um arranhão. Mas, obviamente, a ação é igual à reação. Simplesmente de acordo com a 2ª lei de Newton, a ação não foi suficiente para deslocar a massa da parede; já a reação ocasionou uma lesão na mão.
2. Quando o indivíduo está parado no lugar sobre os dois pés, exerce uma força sobre o solo correspondente a sua força peso. A reação é decomposta em dois vetores que agem sobre cada pé. Se o indivíduo executa qualquer movimento brusco com os braços para cima ou para baixo, a ação sobre

o solo e, conseqüentemente, a reação no indivíduo, já é diferente da força peso. Quando movimenta o braço para baixo à aceleração da gravidade, soma-se a aceleração do movimento ocorrendo na mesma direção, isto é, para o centro da terra. Com isso, a reação é maior que a força peso. Quando movimenta o braço para cima, a aceleração do movimento é contrária à aceleração da gravidade. Desse modo, a ação exercida contra a terra é menor que a força peso, e a ação sobre o indivíduo também.

3. O mesmo conceito aplica-se ao movimento angular, só que agora o raciocínio é feito em termos de ação e de reação angular gerados por torque. O torque gerado por uma parte do corpo para girar aquela parte resulta em um torque contrário por outra parte do corpo (HAMILL; KNUTZEN, 1999). Esse conceito é mais fácil de ser percebido em movimentos feitos no ar ou na água ou naqueles em que o indivíduo bate em um implemento qualquer já desequilibrado. Um exemplo seria uma criança bem pequena ao chutar uma bola. Naturalmente, o tronco vem para a frente e o quadril vai para trás, resultando em que caia no chão.

#### Aplicações:

1. Quanto maior for a velocidade com que um segmento qualquer (mão ou pé) bater em um implemento, maior vai ser a reação ocasionada nos segmentos e articulações. Isso significa, por exemplo, que conforme aumenta a velocidade de corrida maior é a reação a ser absorvida pelas articulações no momento do contato com o solo. No andar, este valor varia em torno de 1,4 vezes o peso corporal e no salto triplo 18 vezes o peso corporal.
2. Isso também acontece em movimentos executados, por exemplo, em uma cortada violenta no voleibol. A reação a ser absorvida principalmente pela articulação do ombro será tão maior quanto maior for a velocidade imprimida à bola.
3. O mesmo raciocínio pode ser feito com relação a quedas. Quanto maior a altura obtida no salto ou quanto maior a distância alcançada com o salto, maior será a reação obtida no contato com o solo.
4. Com relação ao torque, um exemplo na água seria o movimento acentuado do quadril para um lado e para o outro durante o nado *crawl*. Se esse movimento ocorre é porque outra parte do corpo o está ocasionando. Não adianta dizer ao indivíduo que pare de fazer isso. Se ocorre uma rotação indesejada na parte inferior do corpo, significa que existe uma rotação na parte superior. Provavelmente, o indivíduo está rodando a cabeça também para o lado que não respira ou está cruzando o braço além da linha média do corpo.
5. No salto em distância, o atleta, ao jogar o tronco para a frente, isto é, ao aplicar um torque na parte superior do corpo, naturalmente as pernas se deslocarão para a frente, isto é, provocarão um torque igual e oposto do membro inferior. O que também acontece na cortada do voleibol, com um conseqüente deslocamento do quadril para trás.
6. No salto em altura, o indivíduo, ao passar sobre o sarrafo, procura jogar a cabeça para trás vigorosamente, de modo que suas pernas se desloquem para baixo e seu quadril seja projetado para cima.
7. Uma criança, ao perder o equilíbrio na trave, isto é, ao sentir que irá cair para o lado esquerdo, naturalmente, se não prender o movimento, irá deixar o braço oscilar também para lado esquerdo e, com isso, irá recuperar a posição do CG.

#### Aplicação em geral:

Com relação à força de reação no indivíduo, é importante que o professor tenha em mente que a reação é diretamente proporcional à velocidade do movimento, e que o melhor da classe também é o que, provavelmente, mais se expõe a lesões. A função do professor é protegê-lo. Nunca, em hipótese nenhuma, levar os alunos a praticar salto em distância ou em altura em locais em que a queda seja feita em cimento, pois mesmo que não se estimule um aluno a ser melhor que o outro (o que não é necessário estimular em crianças e

adolescentes), o ímpeto natural pode levar a microlesões, cujos efeitos só aparecerão muito mais tarde. O mesmo deve ser pensado com relação a pessoas sedentárias e obesas, quando se pensa em colocá-las para correr ou para fazer aeróbica. Quanto mais intensa a atividade, mais a pessoa expõe-se a lesões. Deve-se sempre pensar numa atividade de fortalecimento muscular acoplada à execução de trabalho intenso, mesmo que para crianças, e isso não significa indicar musculação especificamente, mas trabalho para a musculatura mais envolvida. Com relação ao torque, alguns professores iniciantes ou inexperientes podem ficar tentando corrigir o efeito. Isso quer dizer o torque resultante de um torque errado em qualquer outra parte do corpo. Com isso, perderá muito tempo, tanto dele como do aluno, fazendo-o repetir várias vezes o movimento até que finalmente o aluno acerte, mas realmente sem a ajuda do professor. Talvez, e mais importante, o corpo reage naturalmente com um torque de outra parte do corpo na tentativa de restabelecer o equilíbrio perdido. Seria fundamental, principalmente com as crianças que têm mais medo de realizar movimentos que podem levar ao desequilíbrio – saltos sucessivos, andar em traves, movimentos acrobáticos em geral –, treinar e explicar em lugar bem seguro para a criança como o corpo reage, bem como estimular ações que deixem o corpo responder ao movimento e se reequilibrar naturalmente.

## 8. CONCLUSÕES

A biomecânica não é uma disciplina fácil para os alunos de graduação. Muitos reclamam que não têm base de física e matemática e que o docente se perde em equações e em conceitos da física incompreensíveis para o ser humano normal. Mas, ao mesmo tempo, com a velocidade atual na geração e divulgação das informações e com a tecnologia cada vez mais presente na vida diária dos indivíduos, todos são unânimes em afirmar que a biomecânica é muito importante (CORRÊA, 2004). Contudo, não adianta considerá-la importante e não a utilizar para nada em sua vida profissional.

É importante reconhecer que os profissionais da área, por sua alta especialização com aprofundamento na física, matemática e processamento de sinais em geral, também têm sua parcela de culpa nesta situação. Mas já está mais do que na hora de tanto profissionais da biomecânica como outros em geral saírem de sua inércia determinada por vários anos agindo da mesma maneira e procurarem encontrar um meio-termo.

A biomecânica é baseada na física e utiliza muito a matemática, é verdade, e isso não vai mudar. Portanto, é preciso que os profissionais de Educação Física já formados e os que estão em formação, que nunca viram a física básica de 2º grau e que consideram a biomecânica importante, tentem pelo menos a aprendizagem de alguns conhecimentos fundamentais.

Já os pesquisadores da biomecânica precisam compreender que muitos alunos, e também profissionais atuantes na área, não querem ficar estudando conceitos sem perceber claramente sua aplicação na vida diária. É consenso a relevância da pesquisa básica, que abastece a ciência de novos conhecimentos, mas será mesmo necessário aproximar a biomecânica do profissional ou essa disciplina é importante, mas que não serve para nada? Onde está sua importância, então?

Este artigo procurou trazer conceitos básicos em sua forma mais simples, talvez até omitindo algumas informações que alguns biomecânicos vejam como fundamentais, mas o intuito era começar a construir uma ponte com outras áreas. A intenção foi tentar mostrar aos profissionais da área da Educação Física escolar como utilizar a biomecânica no dia-a-dia sem omitir equações e fórmulas básicas, pois sem elas o conhecimento fica muito restrito. Que esta seja a primeira de uma série de relacionamentos com profissionais da área em geral.

## REFERÊNCIAS

BETTI, M. Entre assistir e praticar: educação física, esporte, televisão e lazer. In: MARCELLINO, N. C. (Org.). *Lúdico, educação e educação física*. Ijuí: Ed. Unijuí, 1999.

- CARR, G. *Biomecânica do esporte: um guia prático*. São Paulo: Manole, 1998.
- BRASIL – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO, SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. *Parâmetros Curriculares Nacionais – terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: educação física*. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- COLL, C; POZO, J.I.; SARABIA, B.; VALLS, E. *Os conteúdos na reforma*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p.119-177.
- CORRÊA, S. C. A biomecânica como ferramenta de intervenção na prática profissional. *Anais do XXVII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte*. São Paulo, 2004. (no prelo).
- FREIRE, E. S.; SORIANO, J. B.; DE SANTO, D. L. *O conhecimento da educação física escolar*. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE EDUCAÇÃO MOTORA; CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO MOTORA. Foz do Iguaçu, 1998. *Anais*. Foz do Iguaçu, Universidade de Campinas/Faculdade de Educação Física/Departamento de Educação Motora, 1998. p. 227-235.
- FREIRE, E. S. *Educação física e conhecimento escolar nos quatro anos iniciais do ensino fundamental*. 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola de Educação Física e Esporte. São Paulo, 1999.
- FREITAS, F. F.; LOBO DA COSTA, P. H. O conteúdo biomecânico na educação física escolar: uma análise a partir dos parâmetros curriculares nacionais. *Revista Paulista de Educação Física*, v. 14, n. 1, p. 65-71, 2000.
- HAMILL, J; KNUTZEN, K. M. *Bases biomecânicas do movimento humano*. São Paulo: Manole, 1999.
- HAY, J. G. *Biomecânica das técnicas desportivas*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.
- KRUG, H. N.; CANFIELD, M. S. A reflexão na prática pedagógica do professor de Educação Física. *Kinesis*, n. 20, p. 9-32, 1998.
- SILVA, R. V. C.; NAZAKI, H. T. Para gostar de ler... biomecânica. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, v. 18, 1996. p. 27-33.
- WILLIAMS, M; LISSNER, H. R. *Biomechanics of human motion*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1977.
- ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

**Contatos**

Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Faculdade de Educação Física  
Av. Mackenzie, 905  
Barueri – SP  
06460-130  
E-mail: soniac@attglobal.net

**Tramitação**

Recebido em agosto/2004  
Aprovado em outubro/2004