

ISSN 0102-7549

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

VOL. 9

Nº. 2

JULHO/DEZEMBRO

1995

Escola de Educação Física
Universidade de São Paulo



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor

Prof. Dr. Flávio Fava de Moraes

Vice-Reitora

Profa. Dra. Myriam Krasilchik



ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Massucato

Vice-Diretor

Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Diretor Responsável

Prof. Dr. Go Tani

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio

Prof. Dr. Carlos Eduardo Negrão

Prof. Dr. Edison de Jesus Manoel

Prof. Dr. José Medalha

Profa. Dra. Maria Augusta Peduti Dal'Molin Kiss

Prof. Dr. Valdir José Barbanti

Comissão de Publicação

Prof. Dr. Edison de Jesus Manoel

Prof. Luzimar R. Teixeira

Maria Lúcia Vieira Franco

Indexação: a RPEF é indexada por LILACS - Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde; Sports Documentation Monthly Bulletin (University of Birmingham); International Bulletin of Sports Information (IASI).

Redação e distribuição (assinatura, permuta, doação)

Revista Paulista de Educação Física

Escola de Educação Física da

Universidade de São Paulo

Av. Prof. Mello Moraes, 65

05508-900 - São Paulo - SP - Brasil

Tiragem: 1 000 exemplares

Periodicidade: semestral

Consultores

Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio - EEF-USP

Profa. Dra. Anita Szchor Colli - FM-USP

Prof. Dr. Antonio Carlos Simões - EEF-USP

Prof. Dr. Antonio Herbert Lancha Júnior - EEF-USP

Dr. Arnaldo José Hernandez - IOT/HC/FM-USP

Prof. Dr. Carlos Eduardo Negrão - EEF-USP

Prof. Dr. Celso de Rui Beisiegel - FE-USP

Prof. Dante De Rose Júnior - EEF-USP

Prof. Dr. Edison de Jesus Manoel - EEF-USP

Prof. Dr. Eduardo Kokubun - DEF/IB-UNESP

Prof. Emédio Bonjardim - EEF-USP

Prof. Dr. Emerson Silami Garcia - EEF-UFMG

Prof. Dr. Erasmo M. Castro de Tolosa - HU/FM-USP

Prof. Dr. Esdras Guerreiro Vasconcellos - IP-USP

Profa. Dra. Gilda Naécia Máciel de Barros - FE-USP

Prof. Dr. Go Tani - EEF-USP

Prof. Ibrahim Reda El Hayek - EEF-USP

Prof. Dr. Januário de Andrade - FSP-USP

Prof. Dr. João Gilberto Carazzato - IOT/HC/FM-USP

Prof. José Alberto de Aguilar Cortez - EEF-USP

Prof. Dr. José Fernando B. Lomônaco - IP-USP

Prof. Dr. José Geraldo Massucato - EEF-USP

Prof. Dr. José Guilmar Mariz de Oliveira - EEF-USP

Prof. Dr. José M. Camargo Barros - DEF/IB-UNESP

Prof. Dr. José Medalha - EEF-USP

Prof. Luis Augusto Teixeira - EEF-USP

Prof. Luzimar R. Teixeira - EEF-USP

Prof. Dr. Marcos Cortez Campomar - FEA-USP

Profa. Dra. Maria Augusta P.D.M. Kiss - EEF-USP

Prof. Dr. Maurício Wajngarten - INCOR/HC/FM-USP

Dr. Nilo Sérgio Gava - COPT-PMSP

Prof. Osvaldo Luiz Ferraz - EEF-USP

Prof. Dr. Paulo Sérgio Chagas Gomes - UGF (RJ)

Profa. Rosa Maria Mesquita Vieira - EEF-USP

Prof. Dr. Rubens Lombardi Rodrigues - EEF-USP

Prof. Dr. Sérgio Moassab Melhen - ICB-USP

Prof. Dr. Sérgio Miguel Zucas - EEF-USP

Profa. Silene Sumire Okuma - EEF-USP

Prof. Dr. Valdir José Barbanti - EEF-USP

Profa. Verena Junghähnel Pedrinelli - EEF-USP



CRENCIAMENTO E APOIO FINANCEIRO DO:
PROGRAMA DE APOIO ÀS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS PERIÓDICAS DA USP
COMISSÃO DE CRENCIAMENTO

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
v.9 - julho/dezembro 1995 - no.2

SUMÁRIO

ARTIGOS ORIGINAIS

- Efeitos da estrutura de prática variada na aprendizagem de uma tarefa de "timing" coincidente em crianças.....87
Effects of the structure of variable practice on the learning of a coincident timing task in children.
FREUDENHEIM, Andrea M.; TANI, Go
- Períodos de latência para utilização de informação visual em condições de baixa e alta incerteza temporal.....99
Latency periods for using visual information in conditions of low and high temporal uncertainty.
TEIXEIRA, Luis Augusto
- Efeitos da demonstração e instrução verbal na aprendizagem de habilidades motoras da ginástica olímpica..... 111
Effects of demonstration and verbal instruction on the learning of olympic gymnastics motor skills.
PÚBLIO, Nestor Soares; TANI, Go; MANOEL, Edison de Jesus
- Lactato sangüíneo em provas combinadas e isoladas do triatlo: possíveis implicações para o desempenho.....125
Blood lactate response to a complete and isolated short triathlon: implications to the performance.
COSTA, José Mário Pinto; KOKUBUN, Eduardo
- Influências de esteróide anabólico (deca-durabolin) sobre o metabolismo de ratos submetidos ao treinamento físico.....131
Influence of anabolic steroid (deca-durabolin) on metabolism in rats submitted to physical training.
PERES, Sidney Barnabé; LUCIANO, Eliete
- ENSAIOS**
- Talento esportivo II: determinação de talentos esportivos138
Athletic talents II: determination of athletic talents.
BÖHME, Maria Tereza Silveira
- Função das atividades motoras variadas para o rendimento físico: aspectos bioquímicos.....147
Function of varied motor activities to physical performance: biochemical aspects.
PEREIRA, Benedito

EFEITOS DA ESTRUTURA DE PRÁTICA VARIADA NA APRENDIZAGEM DE UMA TAREFA DE "TIMING" COINCIDENTE EM CRIANÇAS

Andrea M. FREUDENHEIM^{*}
Go TANI^{*}

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi comparar o efeito de diferentes estruturas de prática variada na aprendizagem de uma tarefa de "timing" coincidente. Participaram 80 escolares entre oito e nove anos de idade, distribuídos nos grupos bloco (BL), bloco aleatório (BAL), bloco seriado (BSR) e aleatório (AL). O instrumento utilizado foi o Temporizador de Antecipação de Bassin que permite a manipulação da velocidade de propagação de um rastro luminoso formado pelo acendimento sequencial de 32 diodos. A tarefa consistiu em apertar o botão de resposta no momento de incandescência do último diodo da seqüência. Na fase de aquisição, as crianças realizaram 80 tentativas nas respectivas estruturas de prática. Na fase de transferência e, uma semana após, na fase de retenção, as crianças realizaram quatro tentativas, em duas velocidades diferentes das utilizadas na fase de aquisição. Nas fases de retenção e transferência não foram detectadas diferenças significantes entre os grupos nas três medidas utilizadas. Estes resultados estão de acordo com a possibilidade de não encontrar efeitos de interferência contextual quando se utiliza tarefas de uma mesma classe de movimentos (Magill & Hall, 1990). No entanto, o grupo BSR apresentou tendência de superioridade nas três medidas, implicando que estruturas de prática variada distintas podem provocar certas diferenças entre os grupos. Esta tendência é discutida e sugestões para futuras pesquisas são apresentadas.

UNITERMOS: Interferência contextual; Estrutura de prática; "Timing" coincidente.

INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, os efeitos da prática variada na aquisição de habilidades motoras têm sido discutidos tendo como pano de fundo a hipótese de variabilidade de prática e o princípio da interferência contextual. A primeira concepção se originou da teoria de esquema (Schmidt, 1975), e a segunda teve sua origem nos estudos de aquisição da linguagem verbal (Battig, 1966) que, posteriormente, foi aplicada à aprendizagem motora (Shea & Morgan, 1979). Ambas as concepções propõem a variabilidade de prática como um elemento positivo no processo de aquisição de habilidades motoras. Entretanto, reportam esse efeito a fatores distintos.

A hipótese de variabilidade de prática considera este efeito positivo como algo relacionado à *quantidade* de variabilidade, isto é, o aumento da variabilidade de prática fortalece a formação de esquema. A hipótese prediz que quanto mais variadas forem as tarefas na fase de aquisição de uma habilidade, tanto maior a flexibilidade do esquema que, por sua vez, possibilita um melhor desempenho nas fases de transferência e retenção. No entanto, para que esse efeito ocorra, as tarefas devem pertencer a uma mesma categoria de movimentos, ou seja, a variabilidade de prática se refere à variação nos parâmetros como tempo, força e deslocamentos do movimento que são adicionados a um mesmo programa motor generalizado (Schmidt, 1975, 1988). Vale lembrar que as características invariantes como o "timing" e a força relativos

Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

são os elementos que definem o programa motor generalizado. Ainda, a teoria de esquema (Schmidt, 1975) não aborda as possíveis diferenças entre as estruturas de prática variada como um importante fator de aprendizagem.

Ao contrário, o princípio da interferência contextual apresenta o efeito positivo da variabilidade de prática como uma função da *estrutura* de prática e não da quantidade de prática variada. Segundo essa concepção, quanto mais aleatória a seqüência de tarefas, tanto maior o grau de interferência contextual e, conseqüentemente, melhor o desempenho em uma tarefa nova. Duas explicações para os efeitos de interferência contextual têm sido apresentadas: a) a hipótese de elaboração, que credita uma representação mais elaborada da habilidade à utilização de múltiplas estratégias de processamento e de codificação de informações (Shea & Morgan, 1979; Shea & Zimny, 1983) e b) a hipótese de reconstrução, segundo a qual as vantagens da prática aleatória deve-se ao repetido esquecimento e a conseqüente necessidade de reconstrução do plano de ação na memória (Lee & Magill, 1983, 1985). Vale ressaltar que na concepção tradicional do princípio de interferência contextual, não é dada atenção à categoria a que pertencem as tarefas de aquisição e transferência. Assim, a variabilidade de prática nessa concepção, não se refere unicamente à variação dos parâmetros do programa motor, como ocorre na hipótese de variabilidade de prática (Schmidt, 1975), podendo indistintamente extrapolar o mesmo.

Dessa maneira, as pesquisas que envolveram a prática variada, além de terem observado os seus efeitos utilizando duas concepções distintas (teoria de esquema e princípio de interferência contextual), na maior parte das vezes, trataram estes efeitos como mutuamente exclusivos (Magill & Hall, 1990). Essa aparente dualidade fez com que o desenvolvimento dos trabalhos em uma e outra concepção se desse de maneira paralela.

Entretanto, as inúmeras pesquisas desenvolvidas para testar a hipótese de variabilidade de prática divergiram quanto a sua sustentação. Em um trabalho de revisão, Shapiro & Schmidt (1982) mostraram que a hipótese não foi sustentada pelos estudos realizados com adultos, pois os efeitos não alcançaram níveis de significância e apenas tenderam a sustentar a hipótese. Nessa mesma pesquisa, os autores mostraram que os resultados dos estudos envolvendo crianças foram favoráveis à hipótese. Vale ressaltar, todavia, que a quantidade de trabalhos realizados com crianças, quando comparada àquela realizada com adultos, é reduzida, o que dificulta uma interpretação conclusiva (Freudenheim & Tani, 1993). Já Van Rossum (1990) não obteve, na sua revisão, sustentação à hipótese independentemente da faixa etária em questão, ao reanalisar e reavaliar os resultados apresentados originalmente pelos autores. Sendo assim, a convergência quanto à clara sustentação ou não da hipótese de variabilidade de prática, ainda não foi alcançada.

Para Lee & Magill (1985), a causa dos resultados equivocados da teoria de esquema, principalmente com os adultos, pode ter sido a estrutura da prática variada durante a fase de aquisição. Essa possibilidade foi levantada em função da hipótese de variabilidade de prática ter sido sustentada sob condições de prática aleatória, e ter tido sustentação fraca ou nenhuma sob condições de prática em bloco. Os resultados dos dois experimentos em que grupos de prática variada em blocos e prática constante foram comparados, reforçaram essa suspeita. No experimento 1, na tarefa de transferência fora do leque das tarefas praticadas na fase de aquisição, o grupo de variabilidade aleatória foi mais consistente e preciso que os demais grupos. No entanto, o grupo de variabilidade em bloco obteve resultados que poderiam comprometer a sustentação da hipótese de variabilidade de prática, pois foram equivalentes aos do grupo constante. Porém, analisando os resultados quanto ao erro variável na fase de aquisição, os autores concluíram que a prática em blocos possibilitou pouca amplitude das fontes de informação e que isto talvez tenha reduzido o potencial de transferência. Na tarefa de transferência dentro do leque, os grupos de prática variada obtiveram resultados semelhantes e foram ambos melhores que o grupo constante. No experimento 2, os resultados apresentaram a mesma tendência, porém com menor clareza, pois o grupo de prática aleatória foi superior aos demais somente em relação ao erro variável. Portanto, considerando a influência da estrutura de prática variada no que se refere à quantidade de variabilidade e o fato de que o grupo de prática aleatória foi o que apresentou o melhor desempenho na tarefa nova, os resultados puderam ser interpretados como favoráveis à teoria de esquema.

Além de Lee & Magill (1985), outras pesquisas tiveram como objetivo o estudo da relação entre os efeitos da prática variada previstos pela teoria de esquema e aqueles previstos pela interferência contextual. Turnbull & Dickinson (1986) dividiram 70 adultos em sete grupos que tiveram prática variada em relação à quantidade e/ou à estrutura de prática. Esses grupos foram submetidos a um mesmo teste de

transferência e retenção. No entanto, os resultados não apresentaram diferença significativa na comparação entre os grupos. Houve somente uma tendência favorável à teoria de esquema e nenhuma sustentação ao princípio da interferência contextual. Talvez, uma das razões para esses resultados tenha sido a faixa etária investigada, pois Shapiro & Schmidt (1982) propõem que crianças são mais sensíveis à aquisição de esquemas motores.

Wulf & Schmidt (1988), por sua vez, realizaram um estudo com o propósito de verificar se os efeitos da prática variada, dentro de uma classe de movimentos, ocorrem em função da formação do esquema ou da interferência contextual. Os sujeitos foram divididos em um grupo de esquema e outro grupo de contexto. O primeiro teve a prática variada restrita a uma classe de movimentos, praticando sempre com "timing" relativo constante com a duração absoluta mudando conforme a variação da tarefa. Para o segundo grupo, tanto o "timing" relativo como a duração absoluta foram variados, ou seja, o grupo praticou tarefas que pertenciam a diferentes classes de movimentos. Nas fases de retenção e transferência com tarefa com o mesmo "timing" relativo, o grupo esquema apresentou melhor desempenho que o grupo contexto, dando sustentação à teoria de esquema. Por outro lado, na tarefa de transferência com "timing" relativo diferente, o grupo contexto apresentou melhor desempenho, resultados estes que levaram os autores a concluir que a interferência contextual parece não ser a única razão para a melhora no desempenho na retenção e transferência após uma prática variada. Ainda, estes resultados não excluíram a possibilidade dos efeitos de contexto terem seu papel no desenvolvimento do esquema. Vale lembrar que, segundo a concepção de contexto, o aumento da interferência contextual através da estrutura de prática deveria melhorar a retenção e a transferência, independentemente da classe de movimentos da tarefa praticada.

O estudo de Pigott & Shapiro (1984) também aponta a possível influência da estrutura de prática e, portanto, da interferência contextual na formação de esquema. Nesse estudo, as crianças entre seis e oito anos de idade foram distribuídas em três grupos de prática variada e um de prática constante. No grupo de prática variada aleatória, o peso do saquinho a ser lançado foi mudado a cada tentativa, no grupo de prática variada em bloco aleatório ele foi trocado a cada três tentativas, e no grupo de prática variada em bloco a cada seis tentativas. O grupo constante realizou 24 tentativas com saquinhos de mesmo peso. Nas tarefas de transferência, o grupo de prática variada em bloco aleatório foi superior aos grupos de prática variada e de prática constante. Diante desses resultados, considerando que a prática variada aleatória e a prática variada em bloco são extremos de um contínuo de variabilidade no qual a prática variada em bloco aleatória ocupa um lugar intermediário, os autores concluíram que, diferente do proposto originalmente pela teoria de esquema, é possível que haja uma estrutura de prática que possua um grau "ótimo" de variabilidade conforme a idade e a tarefa a ser aprendida (Pigott & Shapiro, 1984). Essa hipótese é muito interessante e não está prevista nas concepções originais. Em trabalho recente, Wright, Li & Whitacre (1992), ao estudarem a contribuição do processamento elaborativo ao efeito de interferência contextual, também sugeriram que pode haver um limite para que o grau de interferência facilite a retenção. Isto é, seus dados também foram mais favoráveis ao grupo de variabilidade intermediária.

Diante dos resultados apresentados, o problema parece não ser se uma dada concepção está certa ou errada (Wulf & Schmidt, 1988), nem mesmo relacionar o efeito previsto pela interferência contextual ao efeito previsto pela teoria de esquema como proposto por Magill & Hall (1990). Há a necessidade de se estudar o efeito da prática variada sob um prisma mais abrangente do que o usual. Avançando neste sentido, Wulf & Schmidt (1988), no final de seu artigo, propõem que sejam desenvolvidos trabalhos envolvendo a comparação de diferentes estruturas de prática em tarefas dentro e fora de uma categoria de movimentos. Alguns artigos reforçando a busca desse tipo de análise se sucederam. Em seu trabalho de revisão, Magill & Hall (1990) observaram que os estudos que não encontraram efeitos de interferência contextual utilizaram variações de tarefas pertencentes a uma mesma categoria e que, vice-versa, aqueles que apresentaram os efeitos previstos utilizaram tarefas que extrapolavam uma única categoria de movimentos. No entanto, o trabalho de Lee, Wulf & Schmidt (1992), no qual os resultados de transferência estiveram de acordo com essa suposição e os resultados de retenção não, e o trabalho de Wulf (1992), no qual os grupos com "feedback" sumário apresentaram diferenças entre si independentemente de pertencer ou não ao grupo de contexto ou ao grupo de esquema, não deram sustentação clara à essa hipótese. Já Wulf & Lee (1993) não encontraram diferença entre os grupos de "feedback" sumário e absoluto, dando sustentação à hipótese de Magill & Hall (1990).

Em suma, pode-se dizer que as pesquisas realizadas até o presente, que buscaram estudar os efeitos da prática variada, não foram suficientes para esclarecê-los. Sendo assim, a presente pesquisa teve

como objetivo comparar o efeito de diferentes estruturas de prática variada na aprendizagem de uma tarefa de "timing" coincidente. Neste sentido, manteve-se a quantidade de variação constante e manipulou-se a prática variada, dentro da mesma categoria de movimentos, através do nível de aleatoriedade na apresentação da seqüência das tarefas. A principal hipótese foi: se o desempenho nas tarefas novas depende da aleatoriedade da prática variada, então as crianças submetidas às estruturas de prática envolvendo maiores níveis de variabilidade devem obter melhor desempenho nas tarefas novas que as demais crianças.

MÉTODO

Sujeitos

Participaram do estudo 80 escolares, com idade entre oito anos e seis meses e nove anos e seis meses, distribuídos em quatro grupos experimentais, cada qual com 20 sujeitos emparelhados internamente em relação à variável sexo.

Instrumento e tarefa

O aparelho utilizado foi o Temporizador de Antecipação de Bassin (Lafayette Instruments no. 50 575), que é composto por uma central para controle temporal do rastro luminoso e do intervalo inter-tentativas, uma tela para apresentação dos resultados, uma canaleta com 32 diodos posicionados linearmente e um interruptor. Vale acrescentar que o acendimento sequencial do sinal luminoso faz com que o indivíduo o perceba como sendo um estímulo em deslocamento. A tarefa foi apertar o interruptor em coincidência com a incandescência do último diodo.

Delineamento experimental

O delineamento experimental envolveu três fases: a de aquisição, a de transferência com a testagem dos sujeitos em duas tarefas novas da mesma categoria de movimentos, e a de retenção, envolvendo a retestagem nas duas tarefas novas de transferência após uma semana.

Na fase de aquisição, as crianças foram divididas entre os grupos bloco (BL), bloco aleatório (BAL), bloco seriado (BSR) e aleatório (AL), que realizaram 20 tentativas em cada uma das seguintes velocidades: 2,2 m/s (a); 2,7 m/s (b); 3,1 m/s (c) e 3,5 m/s (d), segundo uma das estruturas de prática a seguir:

- Grupo bloco: praticou em ordem crescente, cada velocidade quatro vezes seguidas, antes de passar para a próxima (aaaa, bbbb, cccc, dddd, ...);
- Grupo bloco aleatório: praticou cada velocidade quatro vezes seguidas, antes de passar para a próxima, com as velocidades em ordem preestabelecida através de sorteio (por exemplo: bbbb, aaaa, dddd, cccc, ...);
- Grupo bloco seriado: uma tentativa em cada velocidade, em ordem crescente (abcd, abcd, abcd, ...);
- Grupo aleatório: apresentação das velocidades em ordem estabelecida através de sorteio, garantidas no entanto as 20 tentativas em cada velocidade (por exemplo: badc, dcab, adcc, ...).

Na fase de transferência, as crianças executaram quatro tentativas em duas tarefas novas. Uma com a velocidade de deslocamento do rastro luminoso maior (3,9 m/s) e outra menor (1,7 m/s) em relação às velocidades utilizadas na fase de aquisição. A ordem de apresentação das tarefas foi contrabalançada entre os sujeitos dos grupos. Na fase de retenção, uma semana após às fases de aquisição e transferência, as crianças foram novamente testadas utilizando-se os mesmos procedimentos da fase de transferência. Esse delineamento possibilitou verificar os efeitos da estrutura de prática variada no desempenho em duas tarefas novas distintas, logo após a prática e decorrido um período de uma semana sem prática.

Procedimentos

As crianças foram conduzidas individualmente à sala de coleta de dados e sentaram-se em uma banqueta que foi ajustada, fazendo o olhar incidir entre 20 e 30 graus sobre os diodos. A canaleta ficou à frente da criança com o botão de resposta bem próximo, em cima da mesa. A central de controle foi colocada de forma a impedir a observação das operações. As instruções foram fornecidas por fita, com o experimentador apontando o aparelho e as suas respectivas partes.

Após certificar que haviam compreendido a tarefa, as crianças iniciaram as tentativas da fase de aquisição e, após a 40ª tentativa, descansaram por 30 segundos. A cada tentativa ela foi informada sobre a diferença de tempo entre o aperto do botão e a incandescência do último diodo, em termos de magnitude e direção do erro: ouviu “certo” (para diferenças de 0 ms a 25 ms), “um pouco antes/depois” (26 ms a 50 ms), “antes/depois” (51 ms a 100 ms), e “muito antes/depois” (acima de 101 ms). Logo após completar as tentativas da fase de aquisição, as crianças ouviram as instruções e executaram as tentativas referentes à fase de transferência. Passada uma semana, após ouvirem novamente as instruções, elas executaram as oito tentativas da fase de retenção.

RESULTADOS

Nas três fases, foram primeiro feitas análises descritivas das médias obtidas para verificar as tendências relativas aos três tipos de medida e, depois, para verificar as diferenças significantes, foram efetuadas as análises estatísticas a seguir: a análise dos dados da fase de aquisição foi efetuada através da análise de variância a dois fatores, comparação 4 x 10 (grupos x blocos), com medidas repetidas para o segundo fator, os dados foram analisados por blocos de oito tentativas; e, os dados das fases de transferência e retenção, foram agrupados em blocos de quatro tentativas para os quais foram efetuadas análises de variância 4 x 4 (grupos x blocos), com medidas repetidas para o último fator. Para localizar as diferenças significantes foi utilizado o teste de Tukey.

Nas três fases, a diferença entre o resultado desejado e o manifesto foi analisada através do erro absoluto (EA), que fornece a magnitude da diferença em uma dada resposta. Como medidas complementares foram utilizados o erro constante (EC), que fornece a direção da diferença (resposta adiantada ou atrasada em relação ao momento de coincidência) e o erro variável (EV), que fornece a consistência do desempenho.

Erro absoluto

Através das médias apresentadas na FIGURA 1, pode-se observar que, de modo geral, os quatro grupos diminuíram a magnitude do erro absoluto no decorrer da fase de aquisição, sugerindo que houve aprendizagem. Observa-se também que na maior parte dos blocos a média de desempenho dos grupos é semelhante, o que indica, ao contrário do esperado, uma tendência à homogeneidade no processo de aquisição dos grupos com estruturas de prática diferentes. Pode-se verificar também que, em termos de EA, a estabilização do desempenho se deu entre 75 e 82 ms. Este fato chama a atenção, pois para a diferença de 51 a 100 ms entre a incandescência do último diodo e o aperto do botão, as crianças ouviram “antes” ou “depois” o que significava que deveriam melhorar e, somente quando a diferença foi de 0 a 25 milissegundos elas ouviram “certo” indicando que o desempenho foi preciso. Assim sendo, esperava-se que a estabilização ocorresse em patamar mais baixo do que o apresentado. De maneira geral, esses resultados sugerem que, apesar dos grupos terem melhorado seu desempenho durante a fase de aquisição, estabilizaram com desempenho menos preciso do que o esperado pelo experimentador.

Entretanto, analisando os blocos relativos às fases de transferência (T1; T2) e de retenção (R1; R2), nota-se que, independentemente da fase, o grupo BSR apresentou valores médios menores àqueles dos demais grupos. Observando-se a FIGURA 1, esta tendência está mais claramente representada nos blocos T1 e R1. Nesses blocos, relativos à menor velocidade de propagação do rastro luminoso, os grupos BL, BAL e AL parecem ter encontrado mais dificuldades que o grupo BSR para realizar a tarefa. Inclusive, as médias do grupo BSR, nos quatro blocos do teste, foram as mais próximas uma das outras, tanto que, traçando uma linha imaginária entre os escores deste grupo nessas fases, obtém-se uma configuração semelhante à de uma

reta. Ainda, o grupo BSR foi o único que obteve, em três dos quatro blocos da fase de teste (T1; T2; R2), média inferior à média do último bloco de tentativas da fase de aquisição.

Em conjunto, a análise descritiva sugere que, nas fase de transferência e retenção, o grupo BSR foi o que apresentou desempenho mais preciso e que, ainda em comparação aos grupos BL, BAL e AL, foi o grupo menos influenciado pela novidade das tarefas.

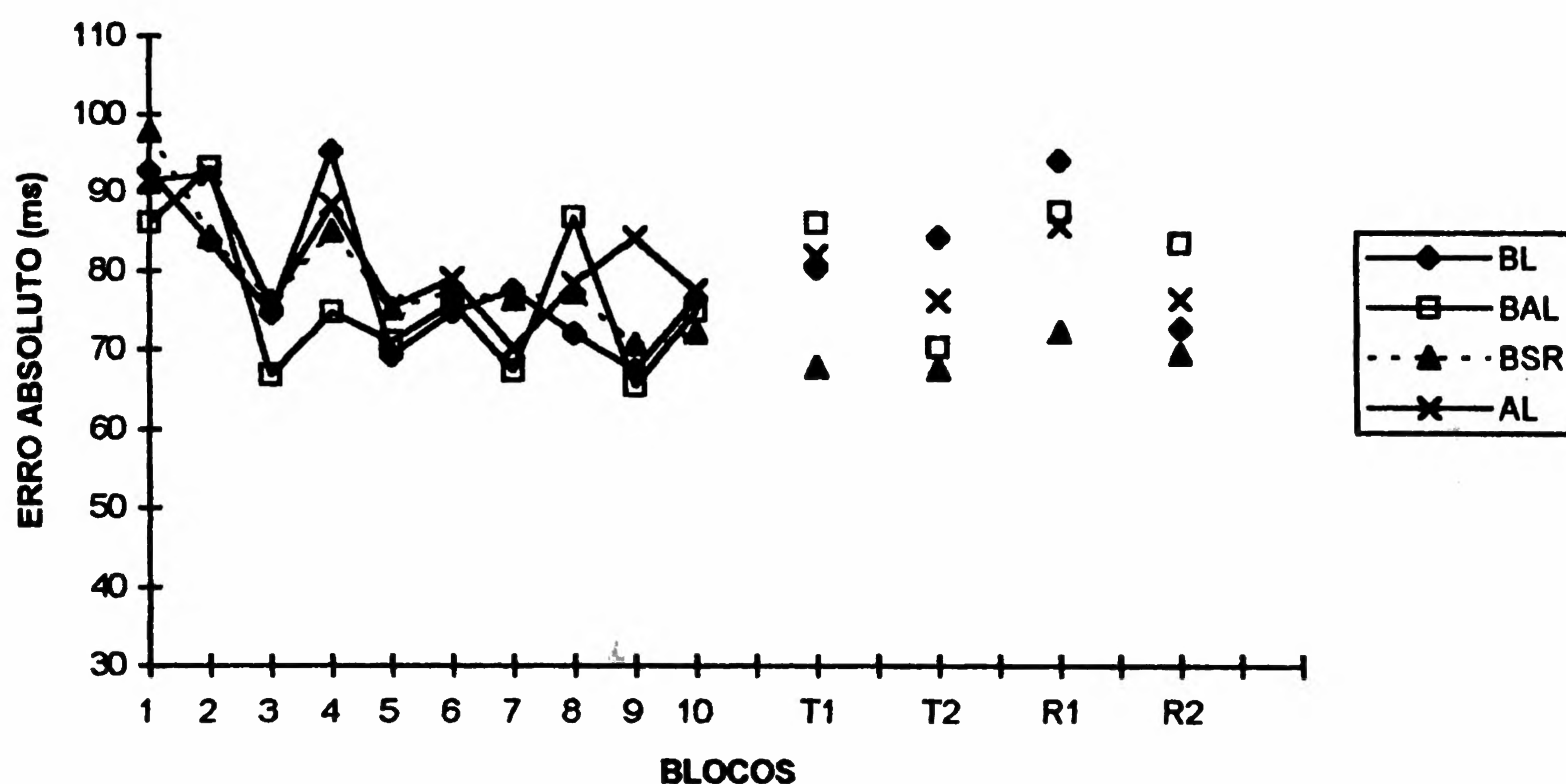


FIGURA 1 - Curvas de "performance" referentes às médias de erro absoluto (ms) por blocos de oito tentativas da fase de aquisição e, por blocos de quatro tentativas das fases de transferência e retenção.

Já a análise de variância, na fase de aquisição, não revelou diferença significativa entre os grupos, $F(3; 76) = 0,28$, e também na interação entre grupos e blocos, $F(27; 684) = 0,89$, para ambos $p > 0,1$. No entanto, na comparação entre os blocos houve diferença significativa, $F(9; 684) = 6,99$, $p < 0,05$, e os contrastes realizados detectaram diferença estatística entre o bloco 1 e os blocos 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, entre o bloco 2 e os blocos 3, 5, 7, 9 e 10 e entre o bloco 4 e os blocos 3, 5, 7 e 9. Esse resultado revela que o desempenho dos quatro grupos melhorou rapidamente nos três primeiros blocos, piorou no bloco 4 e que depois de melhorar no bloco seguinte, se manteve estável (FIGURA 1). Assim, quanto ao EA, os resultados mostraram que, na fase de aquisição, os grupos não diferiram quanto ao desempenho nem quanto ao padrão de progressão do mesmo.

Nas fases de transferência e retenção, apesar da análise descritiva apontar para uma tendência de superioridade do grupo BSR, a análise de variância não revelou diferença significativa entre os grupos, $F(3; 76) = 1,04$. Também não revelou diferença entre os blocos, $F(3; 228) = 1,75$, nem interação entre os fatores grupos e blocos, $F(9; 228) = 0,54$, para todas as comparações $p > 0,05$. Esses resultados mostraram que a estrutura da prática variada não teve efeito significativo sobre o desempenho relativo ao EA nas tarefas novas (situadas na mesma classe de movimentos).

Erro constante

De modo geral, analisando-se as médias plotadas na FIGURA 2, percebe-se que, na fase de aquisição, todos os grupos apresentaram tendência a atrasar as respostas. Somente o grupo BL no bloco 4 e o grupo BAL nos blocos 8 e 10 responderam, em média, antes da chegada do estímulo ao diodo critério. Por

sua vez, ao longo dos quatro primeiros blocos, os grupos BL, BAL, e AL diminuíram a tendência ao atraso, enquanto que o grupo BSR, ao contrário, aumentou esta tendência nesses mesmos blocos. Inclusive, pode-se observar que o grupo BSR manteve uma tendência de atraso maior que a dos demais grupos nos blocos 3, 4, 5, 6, 8, 9 e 10.

Na fase de transferência, no bloco correspondente à velocidade baixa (T1), as crianças dos grupos BL, BAL e AL responderam, em média, antes do estímulo chegar ao diodo critério. No entanto, mais uma vez as crianças do grupo BSR mostraram tendência oposta, isto é, responderam, em média, após a chegada do estímulo no local determinado. No bloco T2, relativo à velocidade alta da fase de transferência, bem como nos dois blocos referentes à fase de retenção (R1 e R2), todos os grupos apresentaram tendência de atrasar a resposta. No entanto, esta tendência foi menor no bloco relativo à velocidade baixa (R1).

Em conjunto, as médias mostram que as crianças, de uma maneira geral, tendem a atrasar a resposta, e que essa tendência é mais acentuada em respostas a estímulos de propagação rápida. No entanto, apesar dessa tendência ser verificável em todos os grupos, é no BSR que ela aparece mais claramente, tanto na fase de aquisição como nas fases de transferência e retenção.

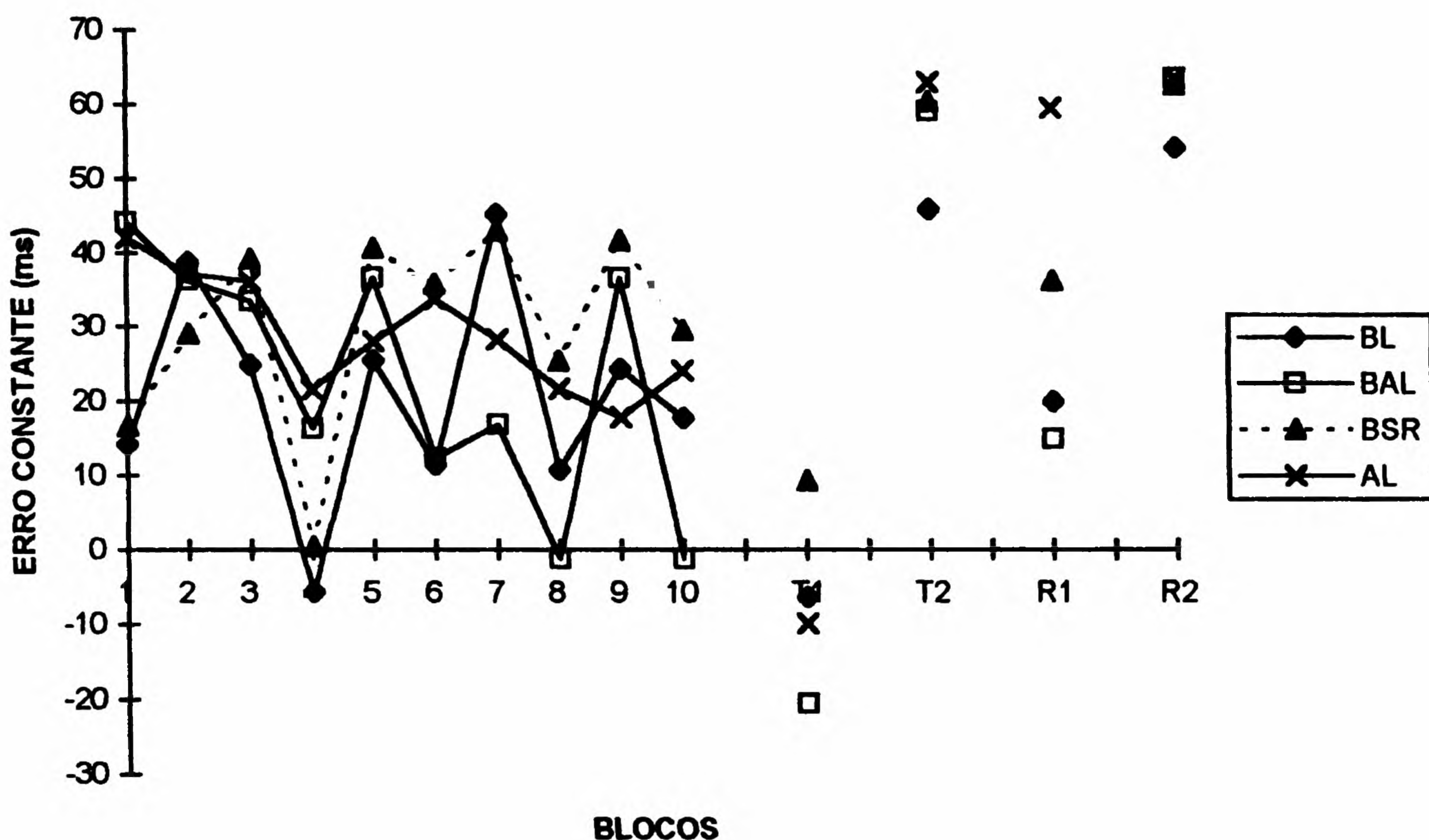


FIGURA 2 - Curvas de "performance" referentes às médias de erro constante (ms) por blocos de oito tentativas da fase de aquisição e por blocos de quatro tentativas, das fases de transferência e retenção.

Na fase de aquisição, a análise de variância não revelou diferença significativa entre os grupos, $F(3; 76) = 0,94$, $p > 0,05$, mas revelou diferenças significantes entre blocos $F(9; 684) = 3,73$ e interação entre grupos e blocos, $F(27; 684) = 1,97$, em ambos $p < 0,05$. O teste de Tukey localizou uma diferença estatística entre o bloco 2 e os blocos 4, 8 e 10 e entre o bloco 3 e o bloco 8, indicando que houve diminuição do atraso da resposta ao longo da fase de aquisição. Nos contrastes de interação entre grupos e blocos, foi localizada diferença significativa entre o grupo BL e os grupos BAL e AL no bloco 1 e entre o grupo BSR e os demais como descrito a seguir: BSR e o grupo BAL nos blocos 1, 4, 6, 7, 8 e 9, entre o grupo BSR e o grupo AL nos blocos 1, 4, e 9 e, entre o grupo BSR e o grupo BL nos blocos 4 e 6. Esses resultados indicam que, em termos de EC, o grupo BSR se diferenciou dos demais no processo de aquisição.

Nas fases de transferência e retenção não foi revelada diferença significativa na comparação entre os grupos $F(3; 76) = 1,07$, e na interação entre grupos e blocos, $F(9; 228) = 1,00$, em ambos $p > 0,05$, entretanto foi revelada diferença significativa entre os blocos, $F(3; 228) = 32,08$, $p < 0,05$. Os contrastes localizaram diferença entre os blocos T1 e T2, bem como entre T1 e R1.

Esses resultados indicam que, em termos de EC, não houve diferença de desempenho nas tarefas novas entre os grupos. Mostram também que as crianças só adiantaram a resposta em função da baixa velocidade do estímulo.

Erro variável

Analisando a FIGURA 3, verifica-se que, de modo geral, todos os grupos aumentaram a consistência da resposta ao longo da fase de aquisição. Essa tendência era esperada já que a consistência na resposta é alcançada mediante a prática.

As médias nas fases de transferência e retenção indicam que a consistência no desempenho das crianças foi mais sensível à velocidade de propagação do estímulo que ao intervalo de uma semana entre as duas fases. Os grupos, de maneira geral, independentemente da fase, foram mais consistentes nos blocos relativos à velocidade alta e, inversamente, tenderam a ser menos consistentes naqueles de velocidade baixa. Com relação ao EV, os grupos BSR e BL se destacaram por motivos inversos: o primeiro apresentou em média maior consistência em seu desempenho e o segundo apresentou a menor consistência nos quatro blocos de teste. Ainda, observando os resultados obtidos nos blocos de mesmas velocidades das duas fases (T1/R1; T2/R2), verifica-se que o grupo BSR foi o único a desempenhar a tarefa com mais consistência na fase de retenção, quando comparado à fase de transferência, em ambas velocidades. Em conjunto, esses resultados sugerem que a variabilidade em blocos seriados favorece a consistência no desempenho de tarefas novas dentro de uma mesma categoria de movimentos.

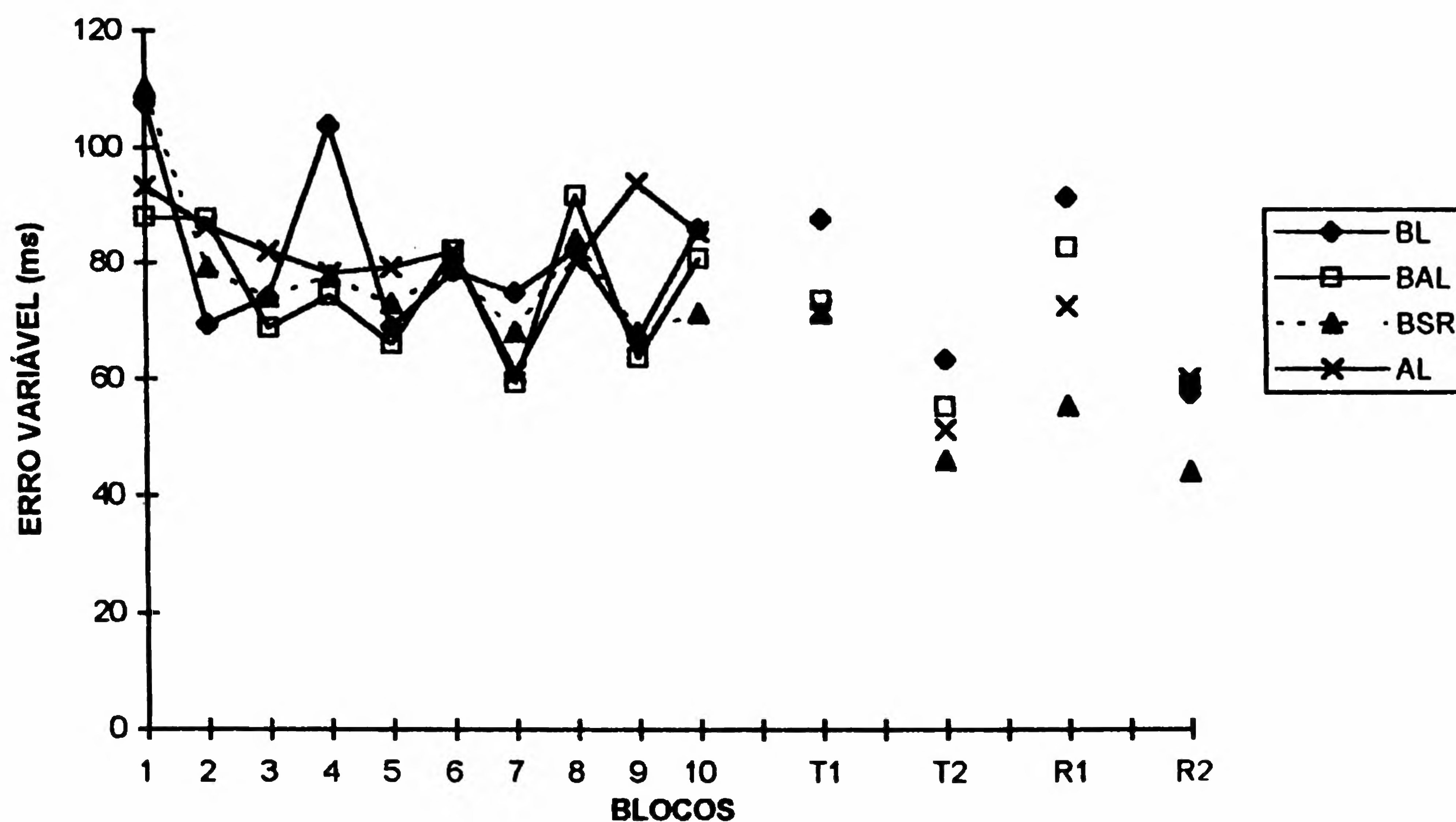


FIGURA 3 - Curvas de "performance" referentes às médias de erro variável (ms) por blocos de oito tentativas da fase de aquisição e por blocos de quatro tentativas, das fases de transferência e retenção.

A análise de variância da fase de aquisição não detectou diferença significativa na comparação entre os grupos, $F(3; 76) = 0,44$, $p > 0,05$. Todavia, nas comparações entre os blocos, $F(9; 684) = 7,52$, $p < 0,05$, e na interação entre grupos e blocos, $F(27; 684) = 1,67$, $p < 0,05$, foram detectadas diferenças significantes. Os contrastes entre os blocos revelaram diferenças significantes entre o bloco 1 e os demais blocos, com exceção do bloco 8, e entre o bloco 7 e os blocos 4 e 8. Esses resultados mostraram que a

consistência das respostas aumentou significativamente após o primeiro bloco de tentativas para todos os grupos, indiscriminadamente. Nos contrastes efetuados para comparar os grupos em função dos blocos, foi localizada diferença significativa entre o grupo BSR e os grupos BAL e AL, entre os grupos BL e BAL no bloco 1, entre o grupo BL e os grupos BAL e AL no bloco 2, entre o grupo BL e os grupos BAL, BSR e AL no bloco 4, entre os grupos BL e BAL no bloco 7 e, no bloco 9, entre o grupo AL e os demais grupos. Esses resultados indicam que a consistência do desempenho, ao longo da fase de aquisição, se modificou diferentemente para os grupos, o que significa que o processo de aprendizagem não foi homogêneo.

Nas fases de transferência e retenção, a análise de variância não revelou diferença significativa entre os grupos, porém os resultados foram muito próximos ao nível de significância, $F(3; 76) = 2,56$, $p = 0,0615$. Esse resultado indica uma tendência do grupo BSR em ser mais consistente que os outros grupos, quando submetido a uma tarefa nova logo após a aquisição e uma semana depois. Na interação entre grupos e blocos, não foi revelada diferença significativa, $F(9; 228) = 0,44$, $p > 0,05$. No entanto, nas comparações entre os blocos foi detectada diferença significativa, $F(3; 228) = 7,10$, $p < 0,05$. Os contrastes entre os blocos revelaram diferença significativa apenas entre os blocos T1 e T2, o que indica que não houve diferença entre os grupos experimentais e que houve pouca influência do intervalo de uma semana entre os dois testes.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O objetivo do presente estudo foi comparar o efeito de diferentes estruturas de prática variada na aprendizagem de uma tarefa de "timing" coincidente. Se o desempenho das crianças submetidas à estrutura de maior interferência contextual fosse superior ao das demais nas tarefas novas, isto significaria que a estrutura da prática variada influencia a aprendizagem, da mesma forma que, se o resultado fosse o mesmo, significaria que a estrutura não influencia a aprendizagem.

Como mostram os resultados, não foram localizadas diferenças significantes entre os grupos, nas fases de transferência e retenção, nas três medidas de desempenho utilizadas. Assim, os resultados mostraram que a estrutura da prática variada não teve efeito significativo no desempenho nas tarefas novas e, portanto, na aprendizagem de uma determinada categoria de movimentos.

No entanto, na comparação entre as médias da medida mais relevante para a presente pesquisa (EA), nos dois blocos da fase de transferência (T1 e T2) e nos dois blocos da fase de retenção (R1 e R2), o grupo BSR obteve médias inferiores às dos demais grupos. Inclusive, o grupo BSR foi o único a obter em três dos quatro blocos de teste, média inferior à média do último bloco de tentativas da fase de aquisição. Esse resultado, embora estatisticamente não significativo, indica uma tendência de ligeira superioridade do grupo BSR sobre os demais no desempenho das tarefas novas.

Os resultados quanto ao EV também sugerem esta diferenciação entre os grupos. Pode-se observar na FIGURA 3, que as médias do grupo BSR foram menores àquelas dos demais grupos. Inclusive, nas comparações entre grupos, o resultado ficou muito próximo ao nível de significância ($p = 0,0615$), indicando uma tendência de superioridade do grupo BSR quanto à consistência no desempenho nas tarefas novas. Também quanto ao EC, o grupo BSR se diferenciou dos demais, pois, foi o único grupo a responder, em média, após a chegada do estímulo no local determinado, no bloco correspondente à velocidade baixa da fase de transferência (T1).

O fato dessa tendência de superioridade ter-se mostrado nas três medidas de desempenho utilizadas, somente com relação a um grupo (BSR) e não com relação aos demais grupos de prática variada (BL, BAL e AL), apesar dos quatro grupos terem praticado o mesmo número de tentativas em cada velocidade, implica que estruturas de prática variada distintas podem provocar certas diferenças entre os grupos.

No caso específico da presente pesquisa sugere-se, como uma possível explicação, que as diferenças perceptivas entre as estruturas de prática variada influenciaram nas tendências apresentadas. O padrão de mudança de tentativa para tentativa dentro de um bloco (BSR), parece ter evidenciado a percepção da desigualdade entre as velocidades, particularmente quando duas velocidades extremas eram experimentadas em seqüência, enquanto que, no caso dos grupos BL e BAL, a mudança de velocidade após quatro tentativas, salientou a semelhança entre as velocidades. Assim sendo, talvez as crianças do grupo BSR, quando comparadas às crianças dos demais grupos de prática variada em blocos, perceberam a diferença entre as velocidades com mais nitidez e portanto, tiveram mais oportunidades de fazer

comparações entre as tarefas, aumentando assim os efeitos da interferência contextual (Shea & Morgan, 1979; Shea & Zimny, 1983; Wulf, 1992). Em outras palavras, no caso dos grupos BL e BAL, se a criança não percebeu a diferença de velocidade na passagem de um bloco para o outro, ela não variou as estratégias de processamento de informação e por isso memorizou uma representação empobrecida da habilidade. Em termos da teoria de esquema, poder-se-ia dizer que a criança desses grupos provavelmente não variou a prática durante oito tentativas ou mais, e por isso relacionou informações para o desenvolvimento da regra abstrata sempre para uma mesma condição inicial, o que dificultou o seu desempenho de transferência e retenção. Provavelmente, no caso do grupo BL, a percepção das desigualdades foi a mais difícil, pois as velocidades foram apresentadas em ordem crescente, fazendo com que a diferença das velocidades entre um bloco e outro, na maioria das passagens, fosse pequena. No caso do grupo BAL, mesmo com a mudança aleatória das velocidades a cada quatro tentativas, as passagens entre tentativas cujas diferenças de velocidade foram maiores, também ocorreram com menos frequência que para o grupo BSR. O grupo AL, por sua vez, foi submetido a velocidades distintas de maneira desorganizada e isto, em se tratando de crianças, pode ter dificultado o relacionamento entre as informações e conseqüentemente, a aprendizagem. O AL foi, entre os grupos, aquele que apresentou os escores mais elevados (EA) nos dois últimos blocos da fase de aquisição.

É possível que exista um grau de variabilidade ótimo, ou seja, um grau intermediário mais adequado às crianças, dentro de um contínuo de graus de variabilidade delimitado em seus extremos pelos grupos de variabilidade em bloco e aleatório, como tem sido sugerido por vários pesquisadores (Magill & Hall, 1990; Pigott & Shapiro, 1984; Wright et alii, 1992; Wrisberg & Mead, 1983). No entanto, segundo o princípio de interferência contextual, quanto maior o grau de processamento de informações requisitado na fase de aquisição tanto melhor o desempenho em uma tarefa nova. Assim, segundo essa concepção, o grupo de prática variada aleatoriamente deveria ter transferido com menos erros que os demais grupos, o que não ocorreu no presente estudo. Mas esse princípio também prevê que o grupo de variabilidade em bloco seriado deve ser superior aos grupos de prática variada em bloco e bloco aleatório. Na presente pesquisa, foram observadas somente tendências nessa direção, o que fornece pouca sustentação ao princípio de interferência contextual (Shea & Morgan, 1979).

Sendo assim, os resultados do presente trabalho sugerem que para crianças, em uma tarefa de "timing" coincidente, a estrutura da prática variada não influencia de forma significativa nem a manutenção da aquisição em tarefas novas, pertencentes à uma mesma categoria de movimentos.

Esses resultados estão de acordo com a possibilidade de não encontrar efeitos de interferência contextual quando se utiliza tarefas de uma mesma classe de movimentos levantada por Magill & Hall em sua recente revisão (1990) e com os resultados obtidos por Wulf & Lee (1993).

Uma outra possível razão para a não ocorrência de diferenças significantes entre os grupos é a natureza da tarefa utilizada. Uma observação que nos faz pensar nessa hipótese, se refere ao patamar de estabilização das crianças em termos de EA na fase de aquisição. A questão que se levanta é: por que, apesar da natureza do "feedback" induzir a diferenças de 0 a 30 ms, as crianças após 80 tentativas de prática estabilizaram com diferenças entre 75 e 82 ms? Talvez porque elas não se sentiram suficientemente desafiadas para alcançar o nível de precisão requerido. Em outras palavras, diferentemente das tarefas de "timing" coincidente praticadas pelas crianças no cotidiano, a pouca precisão não se traduziu em conseqüências concretas. Ao pular corda, a criança pode cair devido a diferenças de tempo menores que 72 ms, ou, em um "video-game" o atraso na ação pode significar menos pontos e, em conseqüência, menor chance de passar para o nível de dificuldade seguinte. Essas são conseqüências concretas que dão significado à ação de uma criança de nove anos de idade (Piaget, 1972). Dessa forma, talvez a falta de significado concreto na tarefa tenha limitado a aquisição da mesma e, como conseqüência, influenciado na pouca diferença entre os grupos na fase de aquisição e nas fases de teste.

Ainda, com relação ao possível efeito da natureza da tarefa, verifica-se que, em trabalhos que utilizaram tarefas de movimento multi-segmentar, foi encontrada diferença significativa entre os grupos que praticaram em uma mesma categoria (Wulf & Schmidt, 1988; Sekiya, Magill, Sidaway & Anderson, 1994; Wulf & Schmidt, 1988). Vale ressaltar que, nesses trabalhos o parâmetro variado foi a duração do movimento, enquanto que o parâmetro variado na presente pesquisa foi o "timing"

Em suma, fica clara a necessidade de pesquisas para esclarecer o efeito da estrutura de prática variada, especificamente em relação à possibilidade de existência de um grau de variabilidade ótimo, levando-se em consideração a natureza da tarefa e do(s) parâmetro(s) variados.

ABSTRACT
EFFECTS OF THE STRUCTURE OF VARIABLE PRACTICE ON THE LEARNING OF A COINCIDENT TIMING TASK IN CHILDREN.

The purpose of the present study was to compare the effects of different variable practice structures on the learning of a coincident timing task. Eighty aged eight and nine year old school children assigned to four groups, block (BL), random block (RAB), serial block (SRB) and random (RA) participated in the experiment. The apparatus used was a Bassin Anticipation Timer that allows the handling of the propagation speed of a luminous trackway formed by the sequential lighting of 32 LEDs. The task was to press the response button simultaneously with the lighting of the last diode of the trackway. The children performed 80 trials on the respective practice structures at the acquisition phase. At the transfer phase and one week later at the retention phase, they performed four trials in two velocities that were not practised during the acquisition phase. The results showed no significant differences among the groups in the transfer and retention phases concerning the three measures utilized. The possibility of no contextual interference effects in tasks belonging to the same movement class, as argued by Magill & Hall (1990), was considered as a possible interpretation for these results. However, the tendency of a slight superiority of the BSR group in all three measures, suggests the possibility of distinct effects of variable practice structures but this needs to be investigated further in future studies.

UNITERMS: Contextual interference; Practice schedule; Coincident timing.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATTIG, W.F. Facilitation and interference. In: BILODEAU, E.A., ed. *Acquisition of skill*. New York, Academic Press, 1966. p.215-44.
- FREUDENHEIM, A.M.; TANI, G. Formação de esquema motor em crianças numa tarefa que envolve timing coincidente. *Revista Paulista de Educação Física*, v.7, n.1, p.30-44, 1993.
- LEE, T.D.; MAGILL R.A. Can forgetting facilitate skill acquisition? In: GOODMAN, D.; WILBERG, R.B.; FRANKS, I.M., eds. *Differing perspectives in motor learning, memory, and control*. Amsterdam, North-Holland, 1985. p.3-22
- _____. The locus of contextual interference in motor skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, v.9, p.201-15, 1983.
- LEE, T.D.; WULF, G.; SCHMIDT, R.A. Contextual interference in motor learning: dissociated effects due to the nature of task variations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v.44A, p.627-44, 1992.
- MAGILL, R.A.; HALL, K.G. A review of contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, v.9, p.241-89, 1990.
- PIAGET, J. *Seis estudos de psicologia*. 5.ed. Rio de Janeiro, Forense, 1972.
- PIGOTT, R.E.; SHAPIRO, D.C. Motor schema: the structure of the variability session. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.55, p.41-5, 1984.
- SCHMIDT, R.A. *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. 2.ed. Champaign, IL, Human Kinetics, 1988.
- _____. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, v.82, p.225-60, 1975.
- SHAPIRO, D.C.; SCHMIDT, R.A. The schema theory: recent evidence and developmental implications. In: KELSO, J.A.S.; CLARK, J.E., eds. *The development of movement control and coordination*. New York, John Wiley & Sons, 1982.
- SHEA, J.B.; MORGAN, R.L. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, v.5, p.179-87, 1979.
- SHEA, J.B.; ZIMNY, S.T. Context effects in memory and learning movement information. In: MAGILL, R.A., ed. *Memory and control of action*. Amsterdam, North-Holland, 1983. p.145-366
- SEKIYA, H.; MAGILL, R.A.; SIDAWAY, B.; ANDERSON, D.I. The contextual interference effect for skill variations from the same and different generalized motor programs. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.65, p.330-8, 1994.

- TURNBULL, S.D.; DICKINSON, J. Maximizing variability of practice: a test of schema theory and contextual interference theory. **Journal of Human Movement Studies**, v.12, p.201-13, 1986.
- VAN ROSSUM, J.H.A. Schmidt's schema theory: the empirical base of the variability of practice hypothesis. **Human Movement Science**, v.9, p.387-435, 1990.
- WRIGHT D.L.; LI, Y.; WHITACRE, C. The contribution of elaborative processing to the contextual interference effect. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.63, p.30-7, 1992.
- WRISBERG, C.A.; MEAD, B.J. Developing coincident timing skill in children: a comparison of training methods. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.54, n.1, p.67-74, 1993.
- WULF, G. Reducing knowledge of results can produce context effects in movements of the same class. **Journal of Human Movement Studies**, v.22, p.71-84, 1992.
- WULF, G.; LEE, T.D. Contextual interference in movements of the same class: differential effects on program and parameter learning. **Journal of Motor Behavior**, v.25, p.254-63, 1993.
- WULF, G.; SCHMIDT, R.A. Variability in practice: facilitation in retention and transfer through schema formation or context effects? **Journal of Motor Behavior**, v.20, p.133-49, 1988.

Recebido para publicação em: 06 out. 1995

Revisado em: 06 dez. 1995

Aceito em: 13 dez. 1995

Agradecimentos aos professores Suely dos Santos, Valquíria dos Santos e Jorge Alberto de Oliveira, e aos alunos do curso de Licenciatura em Educação Física da Universidade de São Paulo pela colaboração na coleta de dados.

ENDEREÇO: Andrea M. Freudenheim
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo - SP - BRASIL

PERÍODOS DE LATÊNCIA PARA UTILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO VISUAL EM CONDIÇÕES DE BAIXA E ALTA INCERTEZA TEMPORAL

Luis Augusto TEIXEIRA*

RESUMO

O período de latência para utilização de informação visual na execução de tarefas motoras foi investigado em duas condições experimentais, que diferiram em relação à incerteza temporal. Na primeira condição os sujeitos ($n = 25$) foram submetidos a uma série de tentativas em que tinham que responder o mais rapidamente possível ao surgimento de um sinal luminoso, num paradigma típico de tempo de reação simples. Após um intervalo de repouso, os mesmos sujeitos foram testados em uma tarefa sincronizatória, na qual tinham que acionar um interruptor manual simultaneamente ao acendimento do último diodo de uma seqüência, que simulava o deslocamento do sinal luminoso. Na tarefa sincronizatória foram empregadas sete condições visuais, abrangendo desde visibilidade completa do deslocamento aparente do sinal até oclusão de 242 ms da porção final de seu deslocamento. Os resultados indicaram um tempo de reação visual de 208 ms, enquanto que na tarefa sincronizatória os períodos de oclusão empregados não foram suficientes para provocar declínio de desempenho em relação à condição de visibilidade completa. Esses resultados sugerem um aproveitamento da informação visual em tarefas sincronizatórias sendo limitado mais por aspectos funcionais do que estruturais do sistema sensorio-motor.

UNITERMOS: Utilização de informação visual; Tempo de reação visual; Sincronização.

INTRODUÇÃO

Em respostas motoras envolvendo reação a um estímulo existe um período de atraso entre o surgimento do sinal sensorial e a execução de movimentos. Parte desse período de atraso é devida ao tempo necessário para que contrações musculares sejam efetuadas, produzindo deslocamentos do corpo e de suas partes, a fim de que o objetivo seja alcançado (tempo de movimento). O outro período de latência, foco central de preocupação neste estudo, é o atraso correspondente ao período entre a apresentação de um estímulo sensorial e o início do movimento¹. Esse período abrange o tempo necessário para estimulação de um receptor sensorial, transmissão aferente até os centros superiores de controle, processamento referente à percepção-decisão-programação, e transmissão eferente para ativação das fibras musculares. Considerando-se as variações desse período de latência em função da idade, extensão do período preparatório para a resposta, estado emocional e fatores relativos à organização do movimento, torna-se importante salientar que essas variações são devidas ao período pré-motor do tempo de reação (Weiss, 1965), mostrando que atrasos adicionais para responder são originários do processamento central de informação e não de processos periféricos de ativação muscular.

Keele & Posner (1968), investigando o tempo mínimo para processamento de "feedback" visual em tarefa motora balística de contatação de um alvo, treinaram os sujeitos a realizar o movimento em quatro tempos diferentes: 150 ms, 250 ms, 350 ms e 450 ms. Na etapa seguinte os sujeitos procuravam reproduzir os tempos de movimento em uma condição de 50% de incerteza sobre a disponibilidade de

* Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

informação visual, ou seja, em metade das tentativas as luzes eram mantidas acesas durante todo o movimento e na outra metade as luzes eram apagadas logo após a perda de contato com uma placa metálica colocada em local correspondente à posição inicial. Os tempos de movimento reais mostraram que os sujeitos realizaram o movimento mais rápido em 190 ms ao invés de 150 ms, e o segundo menor tempo de movimento em 260 ms ao invés de 250 ms, como haviam praticado. A análise do desempenho, comparando-se as condições de disponibilidade versus indisponibilidade de informação visual, mostrou que o prejuízo pela ausência de aferência visual aumentou com a elevação do tempo de movimento, exceto na condição de tempo de movimento igual a 190 ms, única condição onde não foi observado declínio de desempenho na ausência de visibilidade ambiental. Esses resultados levaram à conclusão de que o tempo de reação visual encontra-se entre 190 e 260 ms.

Estudos posteriores têm corroborado os achados de Keele & Posner (1968), indicando mais precisamente que o tempo de reação visual se encontra por volta de 200 ms tanto para o processamento de informação de "feedback" (Cordo & Flanders, 1989; Flanders, Cordo & Anson, 1986) quanto para a apresentação de respostas simples a um estímulo luminoso (Wilkinson & Allison, 1989, para a faixa etária de 20-29 anos), em condição de incerteza temporal.

A latência para processamento de sinais sensoriais tem profundas implicações para o controle não apenas de habilidades motoras discretas, onde deve-se reagir o mais rapidamente possível após a apresentação de um estímulo (como em provas de velocidade no atletismo e natação), mas no controle de qualquer habilidade motora. Isso deve-se ao fato de que essa latência impõe ao executante um período em que ele não pode exercer controle, ou promover modificações, conscientemente sobre seus movimentos, exercendo assim um controle intermitente sobre suas respostas (Craik, 1947, 1948). Tal característica de controle pode ser facilmente observada em tarefas de perseguição manual de um alvo com trajetória irregular, uma vez que mudanças imprevisíveis da trajetória do alvo levam a atrasos na produção de movimentos corretivos (Miall, Weir & Stein, 1993).

Na verdade, as tarefas motoras balísticas são aquelas que mais são prejudicadas pela intermitência de controle consciente, uma vez que muitas tarefas dessa categoria são executadas com tempos de movimento inferiores ao tempo de reação, o que exige que a resposta seja completamente pré-programada, não sendo passível de correções em função da informação de "feedback". A mesma limitação se impõe à fase final de respostas de precisão com tempos de movimento maiores, o que corresponde dizer que a fase final de execução dessas tarefas é efetivada em circuito aberto de processamento de "feedback" e, portanto, refratária a correções durante sua execução.

Essa limitação na velocidade neural de controle pode impor sérias restrições à precisão de respostas à medida que o objeto móvel adquire velocidades relativamente altas. Em condições experimentais, por exemplo, têm sido empregadas tarefas sincronizatórias com velocidade de bola atingindo $22,4 \text{ m.s}^{-1}$ em tarefa relacionada ao "basebol" (Dunham, 1989; Dunham & Reeve, 1990) e 30 m.s^{-1} em tarefa relacionada ao críquete (McLeod, 1987). Essas velocidades de deslocamento de um estímulo visual são uma amostra das velocidades observadas em situações onde se exige mais da antecipação temporal, o que representa respectivamente 4,5 e 6,0 m de extensão da trajetória da bola, na fase pré-contato, em que a informação visual a princípio seria de pouca utilidade considerando-se um tempo de reação visual de 200 ms.

Uma análise mais detalhada dos estudos acima citados, no entanto, revela diferenças críticas sobre o uso de informação visual em tarefas sincronizatórias com diferentes níveis de incerteza. Nos experimentos de Dunham (1989) e Dunham & Reeve (1990) a tarefa consistia em elevar o braço, acionando uma célula fotoelétrica, no momento em que uma bola lançada por máquina passasse sobre um local pré-determinado. O sujeito observava toda a trajetória da bola, cuja variação era determinada apenas por forças naturais como gravidade e resistência do ar, tornando o evento bastante previsível. Já no experimento de McLeod (1987) a bola contactava um solo irregular à frente do rebatedor, o que tornava a trajetória final da bola altamente imprevisível em boa parte das tentativas. Os resultados mostraram que na condição de baixa incerteza (experimentos de Dunham, 1989; e Dunham & Reeve, 1990) os sujeitos não apresentaram piora de execução quando a velocidade da bola foi elevada de $15,7 \text{ m.s}^{-1}$ para $22,4 \text{ m.s}^{-1}$ ao passo que a incerteza produzida pelo contato da bola com um terreno irregular no experimento de McLeod (1987) impediu que os sujeitos conseguissem rebater a bola quando o seu contato com o solo ocorria a menos de 200 ms do tempo para o contato com o bastão²

A comparação desses resultados sugere um uso qualitativamente diferenciado da informação visual em função da quantidade de incerteza presente em cada situação. Nas condições em que se pode

acompanhar a trajetória da bola e perceber um padrão de deslocamento, na ausência de variações inesperadas, o sujeito é capaz de prever com alguma precisão quando e onde a bola chegará, o que torna os sinais sensoriais da fase pré-interceptação relativamente redundantes. Uma possível estratégia de controle do sistema visomotor para lidar com tarefas envolvendo rápidos deslocamentos de objetos a serem interceptados é tirar proveito dessa redundância do sinal visual, utilizando-os de forma mais confirmatória do que informativa, levando a uma diminuição do período de latência para o uso de informação visual. No caso de situações com alta incerteza o sistema sensório-motor não teria essa estratégia disponível, tendo que utilizar um sinal com mínima redundância, estando assim sujeito a um período de latência mais prolongado (cf. Carlton, 1981; Zelaznik, Hawkins & Kisselburgh, 1983, para períodos de latência reduzidos em condições de baixa incerteza em tarefas envolvendo precisão espacial).

Uma vez que o período de latência para a utilização de aferência visual é crítico para a determinação da magnitude dos intervalos de intermitência no controle de atos motores, esse estudo possui como propósito a comparação do tempo de reação visual (TRV), estimado a partir do paradigma clássico de incerteza temporal, com o período de latência para uso de informação visual referente a um estímulo em deslocamento possuindo velocidade e trajetória constantes, condição que coloca à disposição do sujeito uma redundância de sinal que não está presente na tarefa anterior. Como existem diversas variáveis que influenciam o TRV, tais como intensidade do sinal luminoso (Niemi & Lehtonen, 1982; Osaka & Yamamoto, 1978), modalidade do sinal preparatório (Letourneau, Denis & Londorf, 1986), e área de iluminação do sinal luminoso (Teichner & Krebs, 1972), procurou-se igualar as características sensoriais e motoras de ambas as tarefas para que apenas a incerteza temporal variasse de uma condição para outra.

MÉTODO

Sujeitos

Participaram como sujeitos 26 alunos (13 do sexo masculino e 13 do sexo feminino) da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo (EEF-USP). A faixa etária foi de 17 a 30 anos de idade ($M = 22,5$; $SD \pm 3,1$). Todos relataram possuir visão normal. A participação foi voluntária, de forma que os sujeitos não receberam crédito em disciplina ou remuneração por sua participação.

Instrumento e tarefa

O instrumento utilizado foi o Bassin Anticipation Timer (Modelo 50-575 da Lafayette Instrument, EUA), constituído por uma estrutura metálica de 152 cm de comprimento, 8,5 cm de largura e 6,5 cm de altura. Essa estrutura metálica suporta 32 diodos emissores de luz (DELs), dispostos em seqüência sobre seu eixo longitudinal mediano, abrangendo uma distância de 143 cm entre o primeiro e o último DEL, com intervalos de 4,5 cm entre eles. O acendimento seqüenciado dos DELs gera a percepção de movimento do estímulo luminoso, que é controlado por um dispositivo eletrônico capaz de regular a velocidade de deslocamento aparente do estímulo, e o intervalo entre o sinal preparatório (acendimento do primeiro DEL) e o início do deslocamento aparente. O aparelho registra o desempenho em cada tentativa, indicando a diferença em milissegundos entre o acendimento do último DEL da seqüência e o acionamento do interruptor ligado ao final da estrutura metálica.

Para o teste de tempo de reação visual (TRV) o aparelho foi colocado horizontal e frontalmente ao sujeito, com apenas o primeiro DEL (sinal preparatório) e os últimos 54 cm da seqüência expostos à visão. A porção intermediária (89 cm) foi ocluída com papel cartão preto, tornando indisponível a visão do estímulo luminoso nessa porção da trajetória (FIGURA 1a).

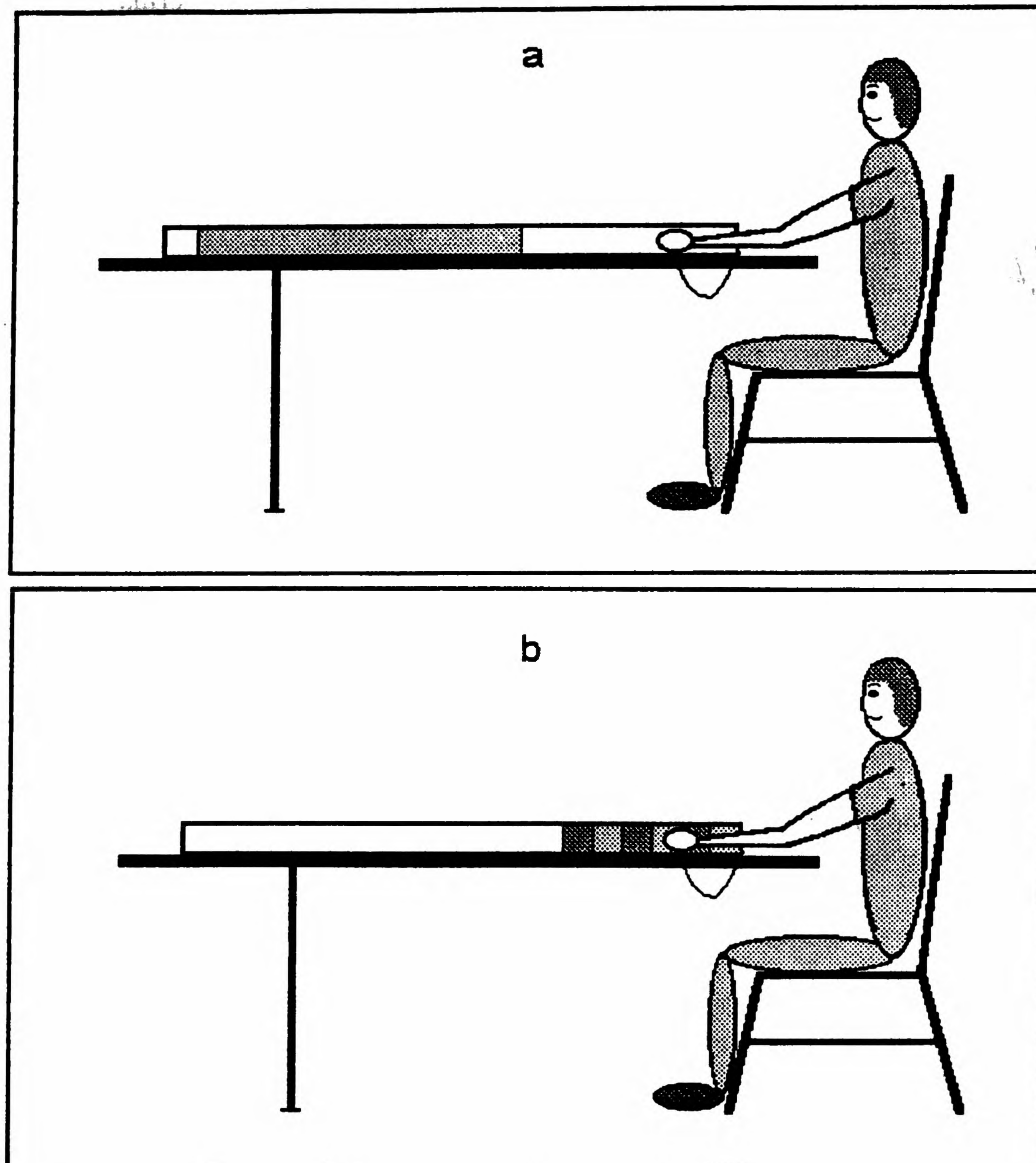


FIGURA 1 - Representação das tarefas de a) tempo de reação visual e b) sincronizatória, com as respectivas porções de oclusão da trajetória do estímulo luminoso.

A velocidade de deslocamento aparente foi alternada pseudo-aleatoriamente entre 134 cm.s^{-1} , 224 cm.s^{-1} e 313 cm.s^{-1} durante a série de tentativas, o que corresponde respectivamente a intervalos de oclusão de 664 ms, 396 ms e 284 ms entre o acendimento do primeiro DEL e o aparecimento do estímulo luminoso após sua passagem pela porção ocluída da trajetória. Tal procedimento tornou imprevisível o tempo de aparecimento do estímulo, dificultando a antecipação por parte do sujeito. Nestas condições a tarefa do sujeito consistia em acionar o interruptor, mantido em sua mão de preferência, colocada próxima ao último DEL da seqüência, o mais rapidamente possível ao detectar o surgimento do estímulo visual.

Na segunda parte do experimento, a tarefa consistia em sincronizar o acionamento do interruptor, seguro na mão de preferência do sujeito ao lado do final do trilho, com o acendimento do último DEL da seqüência. A tarefa foi executada com uma velocidade fixa de deslocamento aparente do estímulo visual de 224 cm.s^{-1} com diferentes extensões da porção final da trajetória do estímulo visual ocluídas: a) oclusão dos últimos 54 cm, equivalente a 242 ms (396 ms de exposição visual); b) oclusão dos últimos 45 cm, equivalente a 201 ms (437 ms de exposição visual); c) oclusão dos últimos 36 cm, equivalente a 161 ms (477 ms de exposição visual); d) oclusão dos últimos 27 cm, equivalente a 121 ms (517 ms de exposição visual); e) oclusão dos últimos 18 cm, equivalente a 81 ms (557 ms de exposição visual); f) oclusão dos últimos 9 cm, equivalente a 40 ms (598 ms de exposição visual), e g) sem oclusão (visibilidade completa; 638 ms de exposição visual) (FIGURA 1b). Para que o sujeito soubesse onde se encontrava o DEL critério, havia uma marca vermelha circular tridimensional, não iluminada, sobre o último DEL.

Procedimentos

Os sujeitos foram informados sobre os objetivos e procedimentos a que seriam submetidos durante o transcorrer da experimentação, através da leitura e assinatura de um formulário de consentimento. Logo após, receberam explicações sobre a tarefa de TRV, onde foi enfatizado que, ao detectar o estímulo luminoso após o anteparo de oclusão, deveriam reagir o mais rapidamente possível. Também foi enfatizado que não deveriam tentar antecipar o surgimento do estímulo, mas caso acionassem o interruptor antes do momento correto deveriam comunicar ao experimentador.

Uma vez completadas as instruções, o ambiente era levemente escurecido, a fim de aumentar a visibilidade do estímulo luminoso. Antes das tentativas válidas para mensuração, eram realizadas seis tentativas (duas tentativas em cada velocidade de estímulo) para familiarização do sujeito com a tarefa e certificação de que havia entendido as instruções, utilizando-se como seqüência o final da série empregada no teste propriamente dito. Imediatamente após, foi realizada uma seqüência de 30 tentativas, com 10 tentativas em cada velocidade. A seqüência de velocidades foi pseudo-aleatorizada, através de sorteio, impondo-se a restrição de que duas tentativas com mesma velocidade de estímulo não fossem feitas consecutivamente. A mesma seqüência de velocidades de estímulo foi adotada para todos os sujeitos, com um intervalo intertentativas de aproximadamente 7,5 s. Em cada tentativa o sujeito recebia um sinal preparatório verbal, que era sucedido por outro sinal preparatório visual (acendimento do primeiro DEL por 1 s), e após um período variável o estímulo luminoso surgia depois do anteparo de oclusão.

Como a medida do tempo de reação pode ser bastante distorcida pelas tentativas em que o sujeito tenta antecipar o surgimento do estímulo, ou naquelas tentativas em que a devida atenção não é dirigida à execução da tarefa, foram utilizados três critérios para a repetição de tentativas. As tentativas eram refeitas imediatamente quando: a) o sujeito comunicava a antecipação; b) o experimentador, observando a execução, percebia que o interruptor tinha sido acionado antes do surgimento do estímulo; ou c) o resultado obtido era considerado muito acima ou muito abaixo dos desempenhos anteriores. Ao final da série conferia-se os resultados, e detectando-se um desempenho discrepante em uma ou mais tentativas estas eram refeitas.

Os 54 cm finais em que a informação visual estava disponível correspondem, respectivamente para as velocidades de deslocamento baixa, intermediária e alta, aos seguintes tempos para o estímulo luminoso atingir o DEL critério: 403 ms, 241 ms e 173 ms. Como o instrumento fornece a discrepância entre o tempo de iluminação do DEL critério e o tempo de acionamento do interruptor, acrescentando-se o tempo de deslocamento visível do estímulo luminoso ao respectivo valor obtido em cada tentativa, calculou-se o período de latência para a reação ao estímulo visual.

Após um intervalo de repouso de cinco minutos, os sujeitos passaram à segunda parte do experimento, sendo submetidos às diferentes condições de disponibilidade de informação visual na tarefa sincronizatória. A seqüência de condições de visibilidade foi contrabalançada entre os sujeitos, com a finalidade de se evitar um possível efeito de aprendizagem durante o teste. Como o número de combinações das condições de visibilidade excede o número de sujeitos utilizados, cada sujeito foi submetido a uma seqüência particular. O estabelecimento dessas seqüências foi pseudo-aleatorizado, utilizando-se a técnica de sorteio, com a restrição de que cada seqüência poderia ser efetuada por somente um único sujeito.

O sujeito sentava-se de frente para o instrumento, com o interruptor seguro na mão de preferência, ao lado dos últimos DELs da seqüência. Novas instruções eram dadas, enfatizando-se a diferença da nova tarefa, que agora requeria não mais uma reação rápida mas uma resposta ajustada

temporalmente ao estímulo visual. Novamente a sala era levemente escurecida e, antes de iniciarem as tentativas válidas para registro, realizavam sete tentativas para familiarização com a nova tarefa (uma tentativa em cada condição visual), na seqüência que posteriormente seria utilizada para o registro do desempenho. Foi fornecido conhecimento de resultados, com precisão de milissegundos, imediatamente após cada uma dessas tentativas.

Uma vez que o experimentador estivesse certificado de que o sujeito tinha compreendido a tarefa e que estava familiarizado com a mesma tinha início a seqüência de tentativas válidas para registro, com a execução de 10 tentativas na primeira condição visual. Essas 10 tentativas eram sucedidas por outras 10 na condição visual seguinte, e assim por diante até que fossem executadas as 10 tentativas da última condição visual, completando um total de 70 tentativas válidas para registro. Durante a realização dessas tentativas não foi fornecido conhecimento de resultados. O intervalo intertentativas foi de aproximadamente 7,5 s, exceto nas mudanças de condição visual, onde esse intervalo foi um pouco superior (entre 10 e 15 s).

As instruções dadas no início do experimento enfatizaram a importância de se tentar obter o desempenho mais preciso possível em cada execução e, conseqüentemente, a importância de se manter a atenção durante todo o transcorrer do experimento.

RESULTADOS

Tempo de reação visual

Os resultados aqui apresentados correspondem ao desempenho de 25 sujeitos, uma vez que um dos sujeitos (sexo feminino) foi eliminado do experimento por apresentar um desempenho médio muito discrepante do grupo. Uma "filtragem" dos dados foi feita através de um critério estatístico, eliminando-se os valores que ficaram dois desvios padrão abaixo ou acima da média individual em cada velocidade. Esse procedimento resultou na anulação de sete tentativas na velocidade de 134 cm.s^{-1} , oito tentativas na velocidade de 224 cm.s^{-1} e oito tentativas na velocidade de 313 cm.s^{-1} o que equivale a 3% das tentativas realizadas. Cinco sujeitos tiveram duas tentativas canceladas (média individual calculada com base em 28 tentativas), 13 tiveram uma tentativa cancelada (média individual calculada com base em 29 tentativas), e os sete restantes não tiveram nenhuma tentativa cancelada (média individual calculada com base nas 30 tentativas). A análise dos resultados indicou um tempo de reação visual médio de 208 ms, com desvio padrão de 15,4 ms.

Tarefa sincronizatória

Para se analisar o efeito da extensão de oclusão da porção final da trajetória, foi efetuada uma análise de variância de um fator (Condição visual) com medidas repetidas. O nível de significância foi estabelecido em 5%.

A análise estatística foi conduzida para duas variáveis dependentes: erro absoluto (medida de precisão temporal do desempenho), e erro variável (medida de consistência do desempenho). A análise da precisão de desempenho mostrou que todas as condições de visibilidade conduziram a um mesmo nível de "performance" uma vez que a análise de variância não indicou diferença significativa [$F(6,144) = 0,41$]. O gráfico apresentando média e desvio padrão (FIGURA 2a) reforça a conclusão extraída a partir da análise inferencial, mostrando uma grande similaridade de desempenho entre as condições visuais.

A consistência de desempenho mostrou um comportamento semelhante àquele da precisão, com as diferentes condições de visibilidade levando à mesma variância de desempenho. Essa conclusão parece bastante confiável, à medida que tanto o valor não significativo obtido na análise de variância [$F(6,144) = 1,42$] quanto a observação da análise descritiva (ver FIGURA 2b) indicam uma grande semelhança entre os desempenhos nas várias condições de visibilidade.

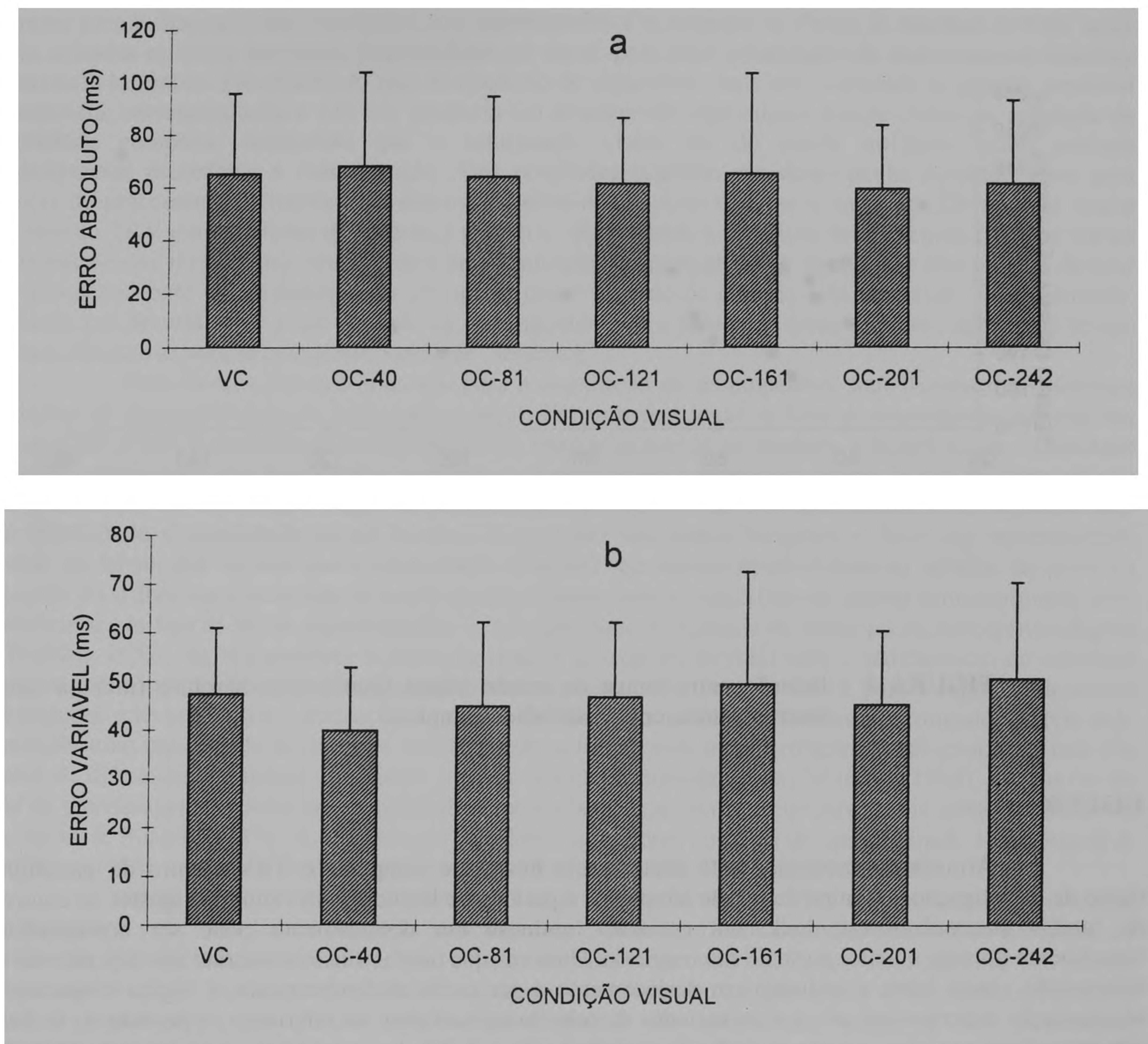


FIGURA 2 - Erros a) absoluto e b) variável (ms), com os respectivos desvios padrão (barras verticais), em cada condição visual na tarefa sincronizatória; visibilidade completa (VC) até oclusão de 242 ms da porção final da trajetória do estímulo (OC-242).

Considerando-se que o tempo de reação é um dos principais fatores a limitar a extração de informação visual para o controle de tarefas sincronizatórias, seria de se esperar que, caso os sujeitos conseguissem converter uma disponibilidade extra de informação visual em melhoria de desempenho, os menores períodos de latência para se reagir a sinais visuais deveriam estar associados a desempenhos

superiores. Para testar essa hipótese foi efetuado o teste de correlação de Pearson entre o TRV e o desempenho na tarefa sincronizatória em condição de visibilidade completa, resultando em um $r = 0,198$ ($r^2 = 0,039$). Isto é, os dois fatores mostraram possuir aproximadamente 4% de variância em comum, indicando uma associação extremamente fraca (ver FIGURA 3). Assim, apesar de ter sido observada entre os sujeitos uma diferença de TRV de até 50 ms, parece que esse período adicional em que o estímulo pôde ser observado antes de se acionar o interruptor não foi aproveitado para obtenção de um melhor desempenho.

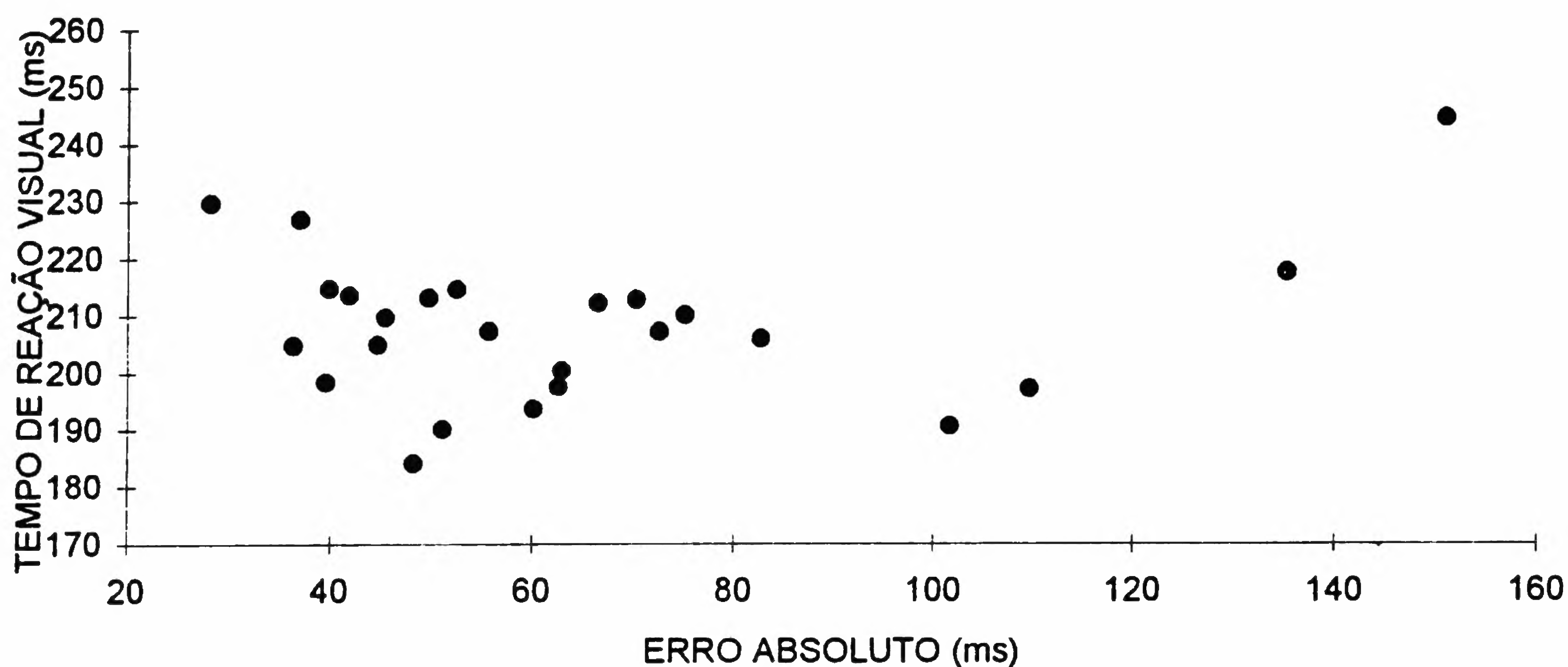


FIGURA 3 - Relação entre tempo de reação visual (ms) e erro absoluto (ms) na tarefa sincronizatória com visibilidade completa.

DISCUSSÃO

Através da execução deste experimento buscou-se comparar o TRV, dentro do paradigma típico de investigação do tempo de reação simples, e o período de latência para efetuar-se ajustes no controle de tarefas sincronizatórias, onde um estímulo luminoso em deslocamento pôde ser acompanhado visualmente durante a maior parte de sua trajetória. Uma vez que tarefas sincronizatórias são dependentes de informação visual sobre o estímulo em deslocamento a ser contatado/interceptado, a lógica subjacente à manipulação experimental era que os períodos de oclusão equivalentes ou inferiores ao período de latência não prejudicariam o desempenho em relação à condição de visibilidade completa, enquanto que as condições visuais com oclusão superior ao período de latência conduziriam a um declínio de desempenho, indicando assim o TRV aproximado para o controle dessa tarefa motora.

Os resultados do teste de TRV mostraram-se compatíveis com achados anteriores (p.e., Keele & Posner, 1968), corroborando o valor de aproximadamente 200 ms como o período de latência mínimo para se reagir a um estímulo visual em condição de incerteza temporal. Entretanto, a variação das condições visuais partindo-se de visibilidade completa até a oclusão dos 242 ms finais da trajetória do estímulo não produziram qualquer alteração do desempenho, tanto em termos de precisão quanto de consistência.

Diversas investigações têm evidenciado o efeito deletério da redução da disponibilidade de informação visual no controle de tarefas que possuem um forte componente temporal, como agarrar ou rebater uma bola em deslocamento. Em tarefas motoras desse tipo tem sido mostrado que a oclusão de parte da trajetória (Alderson & Whiting, 1974; DeLucia & Cochran, 1985; Dorfman, 1977; Wade, 1980; Whiting & Sharp, 1974), redução do período de observação (Nessler, 1973; Whiting, Gill & Stephenson, 1970).

assim como a interação entre os dois fatores (Sharp & Whiting, 1974, 1975), na interceptação de um objeto, leva a um pior desempenho quando comparado à condição de visibilidade completa. Contudo, parece haver determinadas condições de menor demanda perceptiva em que a redução de disponibilidade de informação visual não provoca alteração do desempenho. Evidências empíricas a esse fenômeno foram apresentadas por Whiting (1968) e Lamb & Burwitz (1988), onde foi observado um desempenho inalterado em tarefas de agarrar bolas com visibilidade parcial de sua trajetória em relação à visibilidade completa. De particular interesse para a discussão dos resultados aqui apresentados é o trabalho de Payne & Michael (1990), onde foram ocluídos os terços proximal, intermediário ou distal, para duas velocidades de deslocamento aparente do estímulo luminoso. Foi observado que na condição de velocidade mais alta a oclusão da porção proximal da trajetória, correspondendo a 220 ms, produziu um desempenho equivalente àquele obtido na condição de visibilidade completa, mostrando que a informação visual foi de pouca utilidade nesse período imediatamente precedente à interceptação. Tais resultados sugerem um desempenho limitado mais pela latência de processamento inerente ao sistema sensorio-motor, uma vez que o valor de 220 ms está muito próximo do TRV em condições de incerteza temporal. No entanto, a ausência de diferenças entre as várias condições visuais no presente estudo indica uma limitação primariamente da capacidade dos sujeitos de tirar proveito dessa fonte de aferência, uma vez que o maior período de oclusão está acima do TRV estimado, condição que deveria levar a um declínio de desempenho caso a limitação fosse referente apenas ao tempo mínimo necessário para se completar o ciclo de "feedback"

Dois fatores parecem interagir para a explicação de desempenhos semelhantes em diferentes condições de disponibilidade de informação visual. Em primeiro lugar, a falta de experiência dos sujeitos com a tarefa aliada à ausência de conhecimento de resultados parece ter anulado o benefício da visibilidade completa, produzindo um desempenho impreciso e inconsistente o bastante a ponto de não ter sido afetado pela diminuição da informação visual na porção final da trajetória do estímulo luminoso. O segundo fator está relacionado à capacidade do ser humano de perceber um padrão temporal e fazer sua representação mental, de forma que mesmo que a estimulação sensorial seja interrompida (como na oclusão de parte da trajetória do trilha) um executante de tarefa sincronizatória tem a capacidade de ajustar temporalmente seus movimentos em função de tal representação. Essa capacidade é chamada de antecipação perceptiva (depois de Poulton, 1952a, b), e representa o poder do sistema perceptivo de lidar com a redundância de um sinal sensorial, permitindo a liberação dos principais sistemas sensoriais, como o visual, para a captação de outras informações relevantes para a execução da tarefa. De fato, não apenas em tarefas sincronizatórias tem sido observada uma capacidade de controle relativamente refinada sem monitorização visual contínua, mas em tarefas de diferentes naturezas, tais como: agarrar (Lamb & Burwitz, 1988; Whiting, 1968), estimativa do local de aterrissagem de bolas em modalidades esportivas onde se usa raquete (Abernethy 1988, 1989, 1990; Abernethy & Russell, 1987a, b), rebatida por jogadores habilidosos em tênis de mesa (Ripoll, 1989; Ripoll & Fleurance, 1988), e controle locomotor (Laurent & Thomson, 1988; Thomson, 1980, 1983).

Além dos fatores acima expostos, a baixa correlação entre o TRV e o desempenho na tarefa sincronizatória com visibilidade completa indica que os menores períodos de indisponibilidade funcional de informação visual (menores TRVs) não estiveram associados aos melhores desempenhos na tarefa sincronizatória. Esse fato vem reforçar a idéia de que o executante no estágio inicial de aprendizagem não é capaz de aproveitar uma parcela relativamente grande da informação visual à sua disposição, particularmente aquela imediatamente anterior à "interceptação" a fim de tornar seu desempenho o mais preciso possível. Em estudo subsequente³ foi observado que o aproveitamento de informação visual é um fenômeno dependente de prática prévia da tarefa, com diminuição do período de latência à medida que o executante aumenta a quantidade de prática, de tal forma que um desempenho originalmente não perturbado com a oclusão de até 302 ms após extensa quantidade de prática passou a ser prejudicado com a oclusão de apenas 101 ms. Essa capacidade de reduzir o período de latência para uso de informação visual em função da aprendizagem pode estar por trás de períodos de latência tão reduzidos quanto aqueles encontrados por Carlton (1981) e Zelaznik et alii (1983) - entre 100 e 135 ms - em tarefas de contatação de um alvo fixo, visto que se trata de tarefas motoras realizadas em ambiente estável e bastante semelhantes à diversas tarefas efetuadas usualmente pela maioria das pessoas, como estender o braço para tocar ou agarrar um objeto. Torna-se possível assim alguma transferência de controle para a tarefa experimental, o que resulta num grau de incerteza inferior em relação à tarefa empregada no presente estudo, e maximiza a capacidade de tirar proveito da redundância dos sinais aferentes.

Em conjunto, esses resultados sugerem que o aproveitamento de informação visual no controle de tarefas sincronizatórias, no início da aquisição da habilidade, é limitado mais por fatores funcionais do que estruturais. Isto é, o uso de sinais aferentes no controle de movimentos certamente é limitado pelo atraso de condução de impulsos neurais inerente à estrutura física do sistema sensório-motor. No entanto, a conversão de sinais ópticos em comandos eferentes, ajustados temporalmente ao deslocamento do estímulo, parece ser mais dependente da capacidade do sistema sensório-motor de tirar proveito do fluxo aferente à sua disposição, integrando-o ao fluxo eferente de comandos motores. Tal capacidade mostrou-se muito pouco desenvolvida neste estágio inicial de aprendizagem.

ABSTRACT

LATENCY PERIODS FOR USING VISUAL INFORMATION IN CONDITIONS OF LOW AND HIGH TEMPORAL UNCERTAINTY

The latency period for using visual information in the execution of motor tasks was investigated in two experimental conditions, differing in regard to temporal uncertainty. At the first condition the subjects ($n = 25$) were submitted to a series of trials in which they had to respond as fast as possible to the appearance of a bright signal, within a typical simple reaction time paradigm. After a resting interval, the same subjects were tested in an anticipatory timing task, in which a hand-held switch had to be pressed simultaneously with the lighting up of the last diode of a sequence simulating a stimulus displacement. Seven visual conditions were used in the anticipatory timing task, ranging from full vision of the signal displacement to occlusion of the last 242 ms. The results indicated a visual reaction time equal to 208 ms, while at the anticipatory timing task the occluding periods used were not sufficient to bring about a performance decline, regarding the full vision condition. These results suggest a visual information use in anticipatory timing tasks being limited more by functional than structural aspects of the visuomotor system.

UNITERMS: Use of visual information; Visual reaction time; Anticipatory timing.

NOTAS

1. Como a reação só pode ser detectada a partir do início do movimento, sempre há uma pequena parte do tempo de movimento embutida nesta medida, cuja extensão depende da sensibilidade do instrumento sendo utilizado.
2. O que tem sido mostrado, de fato, é que em tarefas sincronizatórias as velocidades mais baixas são aquelas que induzem ao pior desempenho (Dunham & Reeve, 1990; Haywood, 1977, 1983; Payne & Michael, 1990; Teixeira, Santos & Andreysuk, 1992).
3. L.A. TEIXEIRA, Visuomotor integration in anticipatory timing tasks. /em preparação/

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNETHY, B. The effects of age and expertise upon perceptual skill development in a racquet sport. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.59, n.3, p.210-21, 1988.
- _____. Expert-novice differences in perception: how expert does the expert have to be? *Canadian Journal of Sport Science*, v.14, n.1, p.27-30, 1989.
- _____. Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, v.19, p.63-77, 1990.
- ABERNETHY, B.; RUSSELL, D.G. Expert-novice differences in an applied selective attention task. *Journal of Sport Psychology*, v.9, p.326-45, 1987a.
- _____. The relationship between expertise and visual search strategy in a racquet sport. *Human Movement Science*, v.6, p.283-319, 1987b.
- ALDERSON, G.J.K.; WHITING, H.T.A. Prediction of linear motion. *Human Factors*, v.16, n.5, p.495-502, 1974.

- CARLTON, L.G. Processing visual feedback information for movement control. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.7, n.5, p.1019-30, 1981.
- CORDO, P.J.; FLANDERS, M. Sensory control of target acquisition. **Trends in Neurosciences**, v.12, n.3, p.110-7, 1989.
- CRAIK, K.J.W. Theory of the human operator in control systems I: the operator as an engineering system. **The British Journal of Psychology**, v.38, n.2, p.56-61, 1947.
- _____. Theory of the human operator in control systems II: man as an element in a control system. **The British Journal of Psychology**, v.38, n.3, p.142-8, 1948.
- DeLUCIA, P.R.; COCHRAN, E.L. Perceptual information for batting can be extracted throughout a ball's trajectory. **Perceptual and Motor Skills**, v.61, p.143-50, 1985.
- DORFMAN, P.W. Timing and anticipation: a developmental perspective. **Journal of Motor Behavior**, v.9, n.1, p.67-79, 1977.
- DUNHAM, P. Coincidence-anticipation performance of adolescent baseball players and nonplayers. **Perceptual and Motor Skills**, v.68, p.1151-6, 1989.
- DUNHAM, P.; REEVE, J. Sex, eye preference and speed of stimulus effect on anticipation of coincidence. **Perceptual and Motor Skills**, v.71, p.1171-6, 1990.
- FLANDERS, M.; CORDO, P.J.; ANSON, J.G. Interaction between visually and kinesthetically triggered voluntary responses. **Journal of Motor Behavior**, v.18, n.4, p.427-48, 1986.
- HAYWOOD, K.M. Eye movements during coincidence-anticipation performance. **Journal of Motor Behavior**, v.9, n.4, p.312-8, 1977.
- _____. Response to speed changes in coincidence-anticipation judgements after extended practice. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.54, n.1, p.28-32, 1983.
- KEELE, S.W.; POSNER, M.I. Processing of visual feedback in rapid movements. **Journal of Experimental Psychology**, v.77, n.1, p.155-8, 1968.
- LAMB, K.L.; BURWITZ, L. Visual restriction in ball-catching: a re-examination of early findings. **Journal of Human Movement Studies**, v.14, p.93-9, 1988.
- LAURENT, M.; THOMSON, J.A. The role of visual information in control of a constrained locomotor task. **Journal of Motor Behavior**, v.20, n.1, p.17-37, 1988.
- LETOURNEAU, J.E.; DENIS, R.; LONDORF, D. Influence of auditory or visual warning on visual reaction time with variations of subjects alertness. **Perceptual and Motor Skills**, v.66, n.2, p.667-74, 1986.
- McLEOD, P. Visual reaction time and high-speed ball games. **Perception**, v.16, p.49-59, 1987.
- MIALL, R.C.; WEIR, D.J.; STEIN, J.F. Intermittency in human manual tracking tasks. **Journal of Motor Behavior**, v.25, n.1, p.53-63, 1993.
- NESSLER, J. Length of time necessary to view a ball while catching it. **Journal of Motor Behavior**, v.5, n.3, p.179-85, 1973.
- NIEMI, P.; LEHTONEN, E. Foreperiod and visual stimulus intensity: a reappraisal. **Acta Psychologica**, v.50, p.73-82, 1982.
- OSAKA, N.; YAMAMOTO, M. VEP latency and RT as power functions of luminance in the peripheral visual field. **Electroencefalography and Clinical Neurophysiology**, v.44, n.6, p.785-8, 1978.
- PAYNE, V.G.; MICHAEL, D. Effects of location of stimulus occlusion, stimulus velocity, and gender on coincidence-anticipation timing performance. **Journal of Human Movement Studies**, v.18, n.1, p.243-50, 1990.
- POULTON, E.C. The basis of perceptual anticipation in tracking. **British Journal of Psychology**, v.43, n.4, p.295-302, 1952a.
- _____. Perceptual anticipation in tracking with two-pointer and one-pointer displays. **British Journal of Psychology**, v.43, n.3, p.222-9, 1952b.
- RIPOLL, H. Uncertainty and visual strategies in table tennis. **Perceptual and Motor Skills**, v.68, p.507-12, 1989.
- RIPOLL, H.; FLEURANCE, P. What does keeping one's eye on the ball mean? **Ergonomics**, v.31, n.11, p.1647-54, 1988.
- SHARP, R.H.; WHITING, H.T.A. Exposure and occluded duration effects in a ball-catching skill. **Journal of Motor Behavior**, v.6, n.3, p.139-47, 1974.
- _____. Information-processing and eye movement behavior in a ball catching skill. **Journal of Human Movement Studies**, v.1, p.124-31, 1975.
- TEICHNER, W.H.; KREBS, M.J. Laws of simple reaction time. **Psychological Review**, v.79, n.4, p.344-58, 1972.
- TEIXEIRA, L.A.; SANTOS, V.A.; ANDREYSUK, R. Tarefas que envolvem timing antecipatório: seriam as velocidades mais baixas as mais fáceis para sincronizar? **Revista Paulista de Educação Física**, v.6, n.2, p.21-8, 1992.
- THOMSON, J.A. How do we use visual information to control locomotion? **Trends in Neurosciences**, v.3, n.10, p.247-50, 1980.

- _____. Is continuous visual monitoring necessary in visually guided locomotion? **Journal of Experimental Psychology**, v.9, n.3, p.427-43, 1983.
- WADE, M.G. Coincidence anticipation of young normal and handicapped children. **Journal of Motor Behavior**, v.12, n.2, p.103-12, 1980.
- WEISS, A.D. The locus of reaction time change with set, motivation and age. **Journal of Gerontology**, v.20, p.60-4, 1965.
- WHITING, H.T.A. Training in a continuous ball throwing and catching task. **Ergonomics**, v.11, n.4, p.375-82, 1968.
- WHITING, H.T.A.; GILL, E.B.; STEPHENSON, J.M. Critical time intervals for taking in flight information in a ball-catching task. **Ergonomics**, v.13, n.2, p.265-72, 1970.
- WHITING, H.T.A.; SHARP, R.H. Visual occluding factors in a discrete ball-catching task. **Journal of Motor Behavior**, v.6, n.1, p.11-6, 1974.
- WILKINSON, R.T.; ALLISON, S. Age and simple reaction time: decade differences for 5,325 subjects. **Journal of Gerontology**, v.22, n.2, p.29-35, 1989.
- ZELAZNIK, H.N.; HAWKINS, B.; KISSELBURGH, L. Rapid visual feedback processing in single-aiming movements. **Journal of Motor Behavior**, v.15, n.3, p.217-36, 1983.

Recebido para publicação em: 23 ago. 1995

1a. revisão em: 20 out. 1995

2a. revisão em: 22 nov. 1995

Aceito em: 23 nov. 1995

ENDEREÇO: Luis Augusto Teixeira
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo - SP - BRASIL

EFEITOS DA DEMONSTRAÇÃO E INSTRUÇÃO VERBAL NA APRENDIZAGEM DE HABILIDADES MOTORAS DA GINÁSTICA OLÍMPICA

Nestor Soares PÚBLIO*
Go TANI*
Edison de Jesus MANOEL*

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos da demonstração e instrução verbal na aquisição de habilidades motoras da ginástica olímpica através de dois experimentos realizados numa situação real de ensino-aprendizagem. Grupos experimentais submetidos a três diferentes condições de aprendizagem - demonstração, instrução verbal e demonstração mais instrução verbal - foram comparados. Os resultados mostraram a superioridade dos grupos demonstração e demonstração mais instrução verbal em relação ao grupo instrução verbal. Não foi observada diferença entre os grupos demonstração e demonstração mais instrução verbal. Estes resultados, discutidos à luz das proposições teóricas de Bandura (1977, 1986), foram interpretados no sentido de que a imagem mental do movimento a ser executado, obtida através da observação da demonstração, pode ser especialmente importante em crianças menores quando habilidades verbais acerca dos movimentos ainda não estão suficientemente desenvolvidas para que seus aspectos espaciais e temporais possam ser adequadamente representados verbalmente.

UNITERMOS: Demonstração; Instrução verbal; Aprendizagem por observação; Ginástica olímpica.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, três problemas têm sido colocados para os pesquisadores na área de comportamento motor. O primeiro é a investigação dos mecanismos responsáveis pela produção do movimento, o que tem sido abordado pela sub-área denominada de controle motor. O segundo problema está relacionado com o estudo dos mecanismos e processos subjacentes às mudanças de comportamento motor em função da prática, ou seja, com o estudo da aquisição de habilidades motoras e os fatores que a influenciam. Este problema tem sido abordado pela sub-área denominada de aprendizagem motora. Finalmente, o terceiro problema diz respeito à investigação das mudanças no comportamento motor de um indivíduo ao longo do seu ciclo de vida. Isto tem sido objeto de estudo da sub-área denominada de desenvolvimento motor. Na realidade, embora seja possível caracterizar estas três sub-áreas como áreas distintas de estudo, os fenômenos de controle, aprendizagem e desenvolvimento estão intimamente relacionados, daí a necessidade e importância de abordagens integradas (Manoel, 1989; Tani, 1989a).

Todavia, nestas últimas duas décadas, os estudos sobre controle motor têm recebido atenção quase que exclusiva dos pesquisadores em detrimento das outras sub-áreas, particularmente da aprendizagem motora. Um dos fatores que contribuíram para a ocorrência dessa tendência foi que pesquisadores interessados em aprendizagem motora entenderam que para se estudar como o comportamento motor muda era preciso conhecer primeiro o que muda, ou seja, o mecanismo de controle motor.

* Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

Recentemente, este panorama tem começado a mudar. Em primeiro lugar, a idéia da dependência das pesquisas de aprendizagem motora aos conhecimentos de controle motor tem sido questionada. Pesquisadores de aprendizagem motora acreditam que existem temas genuinamente pertencentes à área que podem ser investigados livres da "amarra" dos conhecimentos de controle motor. Nesse contexto, os conhecimentos de controle motor forneceriam instrumentos teóricos para auxiliar e enriquecer as interpretações dos dados obtidos em aprendizagem motora, mas não determinariam a viabilidade ou não de suas pesquisas. Pattee (1978), ao discutir sobre a irreduzibilidade dos níveis de análise na produção de conhecimentos, tem enfatizado que eventos e fenômenos podem ser investigados em um determinado nível de análise segundo conceitos e metodologias próprios sem depender dos conhecimentos a níveis inferiores. Assim, os conhecimentos em diferentes níveis de análise seriam complementares e não necessariamente interdependentes.

Em segundo lugar, reflexões sobre o conjunto de pesquisas realizadas sobre os mecanismos de controle motor, nestes últimos anos, têm conduzido à conclusão de que elas pouco contribuíram para a busca de soluções para os problemas práticos como aqueles encontrados no ensino da educação física e esporte (Christina, 1989; Hoffman, 1990; Petersen, Santos & Reghelin, 1991; Schmidt, 1989; Stelmach, 1989; Tani, 1992). Isto tem provocado um forte chamamento para uma reorientação do foco de pesquisas às variáveis que afetam a aprendizagem motora (Schmidt, 1989) que, em última análise, são os fatores manipulados pelos profissionais que lidam com o ensino de habilidades motoras numa situação real de prática.

Estes dois fatores que têm contribuído para estimular a retomada das pesquisas em aprendizagem motora têm um aspecto em comum, qual seja, a volta ao estudo das variáveis que afetam a aquisição de habilidades motoras como conhecimento de resultados, observação e demonstração, instrução, condições de prática, imagem e imaginação, transferência de aprendizagem entre outras (veja, por exemplo, Adams, 1990; Annett, 1985; Glencross, 1992; Lee, Swinnen & Serrien, 1994 e Newell, 1991, para uma revisão), mas agora com um "background" teórico muito mais sofisticado e detalhado se comparado às pesquisas no período denominado de abordagem orientada à tarefa (veja Manoel, 1995; Tani, 1992, para maiores detalhes).

Este estudo teve como objetivo comparar os efeitos de duas dessas importantes variáveis de aprendizagem - demonstração e instrução verbal - na aquisição de habilidades motoras da ginástica olímpica. Como se sabe, instrução verbal e demonstração são dois dos mais importantes e freqüentemente utilizados instrumentos de ensino. O primeiro engloba informações sobre a meta da tarefa, a especificação da tarefa (o que fazer) e o modo de execução da tarefa (como fazer). Através da transmissão dessas informações, o professor procura esclarecer o padrão de movimento que o aprendiz deve alcançar ao final da prática (Tani, 1989b).

Ao se envolver com a prática de uma habilidade motora nova, o iniciante traz à situação de aprendizagem todo o repertório de conhecimentos e habilidades adquiridos até então e procura utilizá-los para elaborar o melhor programa de ação possível na tentativa de solucionar o problema motor. Obviamente, por tratar-se de uma habilidade nova, o aprendiz encontra uma série de dificuldades e limitações. A instrução tem a função de procurar auxiliar o aprendiz a encontrar as melhores soluções. Quando o aprendiz comete erros de "performance" é muito comum ele dizer "sei o que tem que ser feito mas não consigo fazer". Esta afirmação mostra claramente que a sua dificuldade maior reside no "como fazer".

Para entender essa dificuldade é importante considerar não só como uma representação cognitiva é formada, mas principalmente, como ela é transformada em ação. Tulving (1985) sugere a existência de três sistemas de memória: a memória semântica que representa todo conhecimento factual e conceitual, a memória episódica relacionada aos eventos em função do eixo temporal da existência do indivíduo e, finalmente, a memória processual que representa os procedimentos ou métodos para efetuar uma dada ação. Em outras palavras, a memória processual relaciona-se ao "como fazer".

Enquanto as memórias semântica e episódica permitem o processamento de informações sobre "o que fazer" numa dada situação (meta da ação), a memória processual translada a meta em ação. A diferenciação dos sistemas de memória está diretamente ligada à proposição de que há dois tipos de conhecimento em termos cognitivos: declarativo e processual (Anderson, 1987). O conhecimento declarativo refere-se à informação que pode ser descrita verbalmente, retida e manipulada na memória ativa. Ele se caracteriza por proposições a respeito de fatos, pessoas, objetos, eventos, etc., as quais são objeto de introspecção consciente (Rosenbaum, 1991). O conhecimento processual consiste num sistema de produção,

isto é, instruções para a realização de uma série de operações, as quais não estão disponíveis para introspecção consciente. São portanto de difícil verbalização.

A distinção entre conhecimento declarativo e processual já era presente nas idéias de Polanyi (1964) como mostra o exemplo por ele apresentado sobre o problema do andar de bicicleta. Segundo Polanyi, é possível estabelecer formalmente os requisitos físicos para que o ciclista mantenha o equilíbrio, entretanto, a maioria dos ciclistas aprende a manobrar a bicicleta sem dominar tais princípios físicos.

Para entender esse processo de aquisição de habilidades motoras, Anderson (1987) propôs a existência da "processualização". Inicialmente, o indivíduo codifica os estímulos relacionados ao problema motor na forma de conhecimento declarativo. A partir dessa representação, o indivíduo infere quais ações devem ser tomadas na solução do problema. Esse método, além de ser mais trabalhoso, é também ineficiente na medida em que os procedimentos sobre como agir não estão claros. Com a prática, são elaborados sistemas de produção, ou seja, conjunto de instruções específicas sobre como agir. Esse conhecimento processual é derivado do conhecimento declarativo, com a vantagem de ser específico à tarefa e de ser prontamente ativado na memória, sem envolvimento consciente. A partir dessa concepção é importante perguntar a que tipo de conhecimento a instrução fornecida pertencerá. A instrução deveria ser apresentada de forma a auxiliar o iniciante na translação do conhecimento declarativo em conhecimento processual.

Sob a perspectiva de ensino, a instrução tem o potencial de auxiliar tanto na orientação da atenção às informações mais relevantes assim como na elaboração do programa de ação e a sua subsequente execução. Instrução, na forma de conhecimento de resultados, pode também auxiliar o aprendiz a detectar e corrigir seus erros de execução. Entretanto, sob a perspectiva de aprendizagem, o importante é saber como estas instruções contribuem efetivamente para a organização, execução e avaliação de ações motoras. Serão as informações que o aprendiz utiliza na organização de suas ações as mesmas, em termos de natureza, àquelas emitidas pelo professor? São as instruções processadas exatamente como foram intencionadas pelo emissor? Estas são algumas das questões relacionadas com a instrução que ainda esperam por estudos mais conclusivos.

Em relação à demonstração, existe uma forte expectativa e crença por parte dos professores envolvidos com o ensino de habilidades motoras de que, ao observar um movimento demonstrado (modelo), o aprendiz é capaz de extrair importantes informações que auxiliarão de alguma forma a organização e execução de suas ações motoras. Entretanto, cabe uma questão: teria esta suposição sobre a efetividade da demonstração e instrução verbal respaldo nas pesquisas em aprendizagem motora e, em caso afirmativo, seriam os resultados dessas pesquisas diretamente aplicáveis a uma situação real de ensino-aprendizagem?

A abordagem adotada neste estudo segue as mesmas orientações delineadas em estudos anteriores (Públio & Tani, 1993; Tani, 1988, 1992), quais sejam, a de testar a aplicabilidade dos conhecimentos produzidos numa situação de laboratório aos complexos problemas que surgem numa situação real, caracterizando uma nova sub-área de pesquisa denominada de ensino-aprendizagem de habilidades motoras.

REVISÃO DE LITERATURA

O efeito da observação na aprendizagem foi formalizado por Bandura (1977, 1986) na sua teoria de aprendizagem social. Dentro da concepção de aprendizagem social, é assumido que a aprendizagem de um dado comportamento não ocorre sempre com base nas experiências práticas ou na execução de respostas a serem aprendidas, mas também através da observação das respostas de outros indivíduos. A teoria propõe, basicamente, que uma representação cognitiva do comportamento observado (modelo) fornece um quadro de referência tanto para a produção como para a avaliação de ações subsequentes. Em outras palavras, a observação de um modelo apropriado durante a prática de uma habilidade motora pode ser efetiva na medida em que o aprendiz necessita ter uma idéia clara do objetivo a ser atingido. Williams (1986) afirma que o modelo é crucial tanto para o estabelecimento de um referencial para correção no sentido de Adams (1971) ou para a formação da imagem da ação no sentido proposto por Whiting (1984).

Embora ainda não esteja claro que tipo de informação relevante o aprendiz extrai a partir da observação de um modelo (Glencross, 1992), inúmeros estudos têm dado sustentação empírica às predições da teoria no domínio da aprendizagem motora (p.e. Adams, 1986; Carrol & Bandura, 1982, 1985; Lee &

White, 1990; McCullagh, Weiss & Ross, 1989; Newell, Morris & Scully, 1985; Weir & Leavitt, 1990). Estudos mais específicos, porém, têm mostrado também que vários fatores influenciam o grau de efetividade da demonstração. Por exemplo, as características do modelo têm sido apontadas como um desses fatores (Gould & Weiss, 1981; Landers & Landers, 1973; McCullagh, 1993). A comparação entre modelos de excelência e modelos aprendizes tem mostrado que a observação da demonstração feita por modelos aprendizes pode ser tão efetiva (Pollock & Lee, 1992; Weir & Leavitt, 1990) ou até melhor (McCullagh & Caird, 1990) do que a observação de modelos de excelência. Uma possível interpretação da superioridade da observação de um modelo aprendiz é que enquanto o modelo de excelência apenas oferece uma representação precisa de como uma ação habilidosa deve ser executada, o modelo aprendiz mostra o processo de solução de problemas em que ele está envolvido, ou seja, o observador participa mais ativamente do processo pelo qual erros de execução são gradativamente corrigidos até que o problema seja solucionado (Adams, 1986; Lee et alii, 1994). Estes resultados mostram, no seu conjunto, a importância do esforço cognitivo durante a prática de habilidades motoras para promover ou inibir tomadas de decisão relacionadas à solução do problema motor (Lee et alii, 1994). Oportuno lembrar que, segundo Bernstein (1967), prática não significa a repetição do meio de solucionar o problema motor mas sim a repetição do processo de solucioná-lo. É possível supor também que se a "performance" do modelo estiver muito além das capacidades reais de execução do aprendiz, ela pode estabelecer um desafio inalcançável e assim afetar a sua motivação. A demonstração necessita levar em consideração o nível de desenvolvimento motor do aprendiz (McCullagh, 1993; McCullagh et alii, 1989). Isto posto, é possível conjecturar a existência de modelos que representem um nível ótimo de desafio para o aprendiz mas este assunto ainda espera por investigações mais sistemáticas.

A observação de um modelo praticando com conhecimento de resultados tem se mostrado mais eficaz do que uma situação em que o conhecimento de resultados não está presente (Adams, 1986). Conhecimento de resultados tem sido considerado a mais importante variável de aprendizagem que afeta a aquisição de habilidades motoras e tem assumido papel crucial na formulação das teorias de aprendizagem motora (Adams, 1971; Schmidt, 1975). De um modo geral, o reconhecimento da importância do conhecimento de resultados tem levado a uma ênfase excessiva às informações disponíveis após a execução do movimento e isso tem provocado uma subestimação do valor das informações disponíveis antes da execução, como no caso da demonstração e instrução verbal. Entretanto, estudos recentes que evidenciam a efetividade da demonstração podem provocar uma reconsideração do "peso" que cada uma das variáveis estabelecidas tem sobre a aquisição de habilidades motoras (Adams, 1990) e o estudo da interação e combinação dessas variáveis, como no caso da demonstração e conhecimento de resultados, abre um caminho promissor de pesquisas na área.

Além do conhecimento de resultados, um outro tipo de informação suplementar que deve ser fornecido em adição às informações visuais inerentes à demonstração é a instrução verbal (McCullagh et alii, 1989). Convém ressaltar que é importante diferenciar duas categorias de instrução: aquela que informa o aprendiz sobre a tarefa a ser executada e aquela que informa sobre aspectos relacionados com a demonstração. Instruções verbais podem agir como mediadores para melhorar a representação cognitiva do modelo observado. Elas podem orientar a atenção do aprendiz aos aspectos críticos da demonstração. Em função disso, além do aspecto motor, os aspectos verbais parecem desempenhar um importante papel na modelação. Estudos mostram que dependendo do estágio de desenvolvimento cognitivo, o processamento de informações relacionadas ao movimento pode variar e afetar diferentemente a efetividade da demonstração (Feltz, 1982; McCullagh, Stiehl & Weiss, 1990; Weiss, 1983).

Outra característica do modelo que afeta a efetividade da demonstração é o seu "status". Há evidências de que o modelo deve possuir "status" superior ao dos aprendizes, como seria o caso do técnico ou do atleta habilidoso (Magill, 1989). Duas são as razões: informacional e social. Em termos informacionais, os aprendizes tendem a prestar mais atenção à "performance" do modelo levando a uma maior captação de informações relevantes para a organização de suas ações. Em termos sociais, os aprendizes demonstram mais empenho na prática visto que há uma motivação maior em ser e agir como o modelo. Claramente, as características do modelo influenciam a aprendizagem por observação, entretanto, se esta influência resulta de fatores de atenção ou motivação ainda não está devidamente esclarecido.

O tipo de habilidade pode constituir-se num outro fator que influencia a efetividade da demonstração. A demonstração de uma habilidade fechada, em termos de estabilidade ambiental, pode ser útil para a aprendizagem na medida em que o aprendiz obtém uma idéia da ordem seriada da tarefa (Magill,

1989). Em habilidades abertas, onde a relação meio e fim é flexível e dependente das variações contextuais, a reprodução de uma determinada "performance" ou solução motora pode levar a um grau de rigidez indesejável.

Como colocado por vários autores (Adams, 1984; Magill, 1989; Williams, 1986), a definição de qual habilidade é apropriada para ser ensinada com o uso de modelos dependerá das informações sobre a habilidade que podem ser veiculadas pelo modelo. Whiting, Bijlard & den Brinker (1987) investigaram a aprendizagem de uma tarefa de esqui em um aparelho simulador de "ski slalon". Um modelo habilidoso foi utilizado num dos grupos experimentais, enquanto que o outro grupo praticou sem demonstração. O grupo com demonstração apresentou melhor desempenho na fluência e frequência dos movimentos, enquanto que o outro grupo focalizou mais na amplitude do movimento. O aspecto interessante foi o de que o grupo com demonstração, após ter atingido o "timing" apropriado, passou a buscar a amplitude demonstrada pelo modelo. Williams (1986) cita alguns de seus experimentos em que o aprendiz vai seletivamente incorporando aspectos básicos da "performance" demonstrada pelo modelo, sendo o "timing" o primeiro aspecto a ser considerado.

Além disso, a modalidade de apresentação parece interagir com o tipo de habilidade (McCullagh, 1993). Por exemplo, demonstrações auditivas podem ser mais adequadas para tarefas que envolvem "timing" ou seqüenciamento enquanto demonstrações visuais podem ser mais eficazes para aprendizagem de aspectos espaciais ou qualitativos da tarefa. Ao menos para tarefas de "timing" demonstrações visuais parecem não se constituir em um modo eficaz de apresentação da demonstração (McCullagh et alii, 1989). Finalmente, se modelação pode ser vista como uma forma de ensaio oculto que influencia a "performance" por tratar-se de uma codificação simbólica dos componentes da tarefa e se esta representação fornece um quadro referencial interno em que a reprodução da ação é baseada, então modelação e imagem mental podem ser processos semelhantes. A repetição da imagem mental formada a partir da observação de um modelo pode auxiliar a aprendizagem como mostra os inúmeros estudos realizados sobre o efeito da prática mental na aquisição de habilidades motoras (por exemplo, Albertini, 1985; Feltz & Landers, 1983; Marques, 1989 e Melo, 1993, para uma revisão mais detalhada).

Em suma, embora ainda existam vários aspectos relacionados à efetividade da demonstração e instrução verbal que esperam por estudos mais conclusivos, o conjunto de pesquisas realizadas até o presente fornece importantes sugestões cuja aplicabilidade numa situação real necessita ser testada. Em consonância com tendências atuais de pesquisas na área que tentam integrar teoria e prática (Tani, 1992), o presente estudo procurou comparar o efeito da demonstração e da instrução verbal na aquisição de habilidades motoras da ginástica olímpica através de dois experimentos realizados numa situação real de ensino-aprendizagem.

EXPERIMENTO 1

Este experimento procurou investigar os efeitos da demonstração e da instrução verbal através da comparação de três grupos experimentais: GD (grupo demonstração), GI (grupo instrução) e GDI (grupo demonstração mais instrução).

Método

Participaram do experimento 23 crianças de ambos os sexos, na faixa etária de sete a 12 anos (\bar{X} = oito anos e oito meses), alunos do Curso Comunitário de Ginástica Olímpica da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

Com o objetivo de formar grupos experimentais homogêneos foi realizada, inicialmente, uma avaliação de entrada das crianças composta de oito exercícios individuais de solo mostrados na FIGURA 1. A avaliação foi realizada pelo docente responsável do curso, especialista em ginástica olímpica e árbitro internacional da referida modalidade esportiva. Foram atribuídos valores de zero a três pontos em cada exercício possibilitando, portanto, uma pontuação máxima de 24 pontos. Os critérios de avaliação utilizados foram os seguintes: zero = não executado; um = execução insatisfatória; dois = execução satisfatória; três = execução muito boa. Com base nos resultados obtidos, as crianças foram divididas de forma a constituir três grupos experimentais, GD, GI e GDI, respectivamente com 7, 8 e oito crianças. O GD teve a somatória de 64

pontos ($\bar{X} = 9,14$; $SD = 3,97$), o GI teve 76 pontos ($\bar{X} = 9,50$; $SD = 4,10$) e o GDI teve 75 pontos ($\bar{X} = 9,38$; $SD = 4,17$). A análise não-paramétrica de Kruskal-Wallis mostrou homogeneidade entre os grupos ($H = 0,08$; $GL = 2$; $p > 0,05$), ou seja, em igualdade de condições para serem submetidos às diferentes condições de aprendizagem.

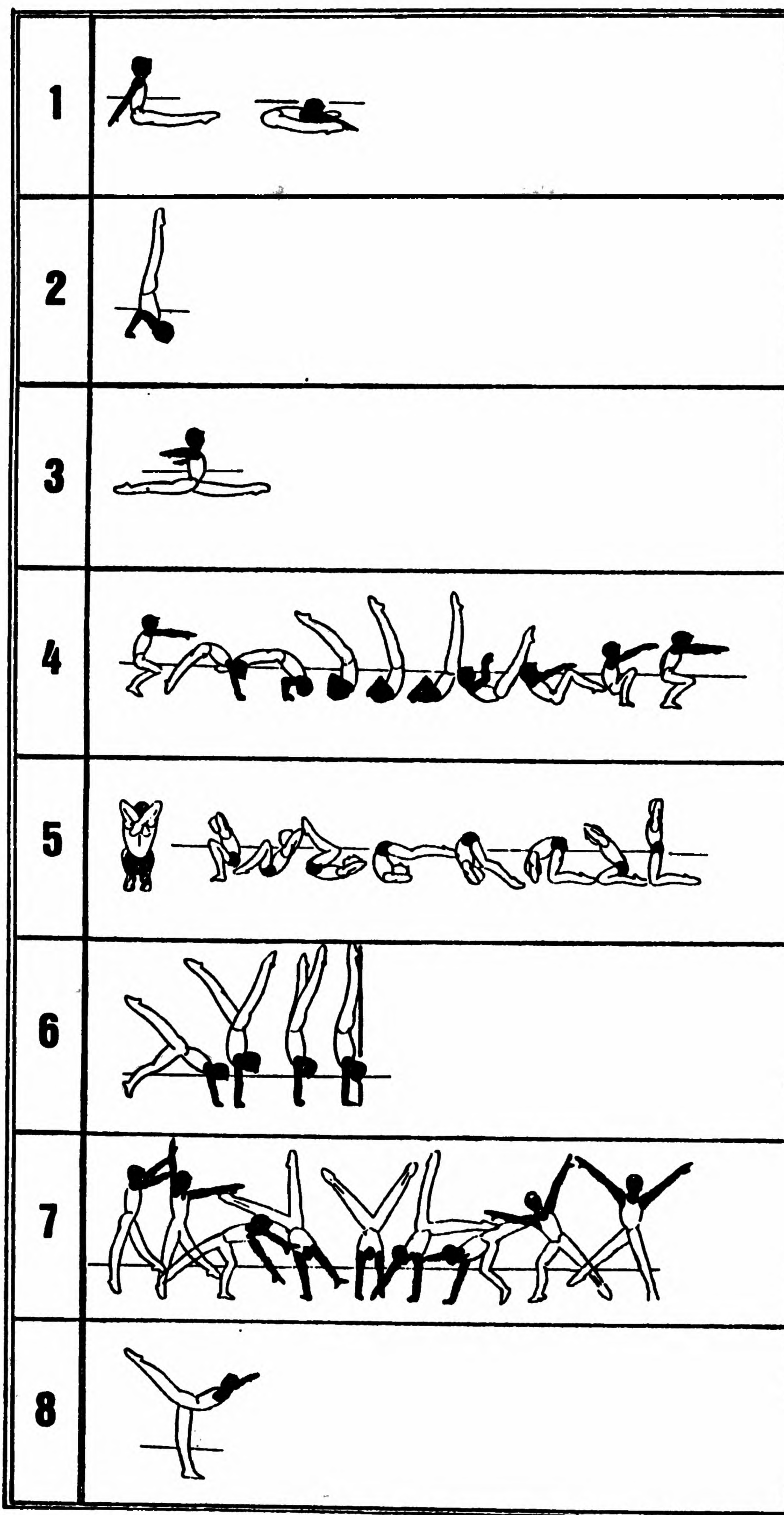


FIGURA 1 - Habilidades motoras da ginástica olímpica utilizadas como tarefa de aprendizagem.

A tarefa motora foi constituída dos mesmos oito exercícios de solo utilizados na avaliação de entrada, sendo dois de flexibilidade, dois de equilíbrio, dois de rolamentos e dois de agilidade e postura estática. Uma descrição sucinta de cada exercício é apresentada a seguir:

- a) exercício 1: da posição sentada com pernas afastadas, tocar o tronco no solo mantendo as costas eretas;
- b) exercício 2: parada de cabeça e antebraço com o corpo estendido;
- c) exercício 3: espacato ántero-posterior;
- d) exercício 4: rolamento grupado para frente, elevando-se sem o auxílio das mãos;
- e) exercício 5: rolamento de costas, da posição grupada, com os braços cruzados atrás da cabeça;
- f) exercício 6: parada de mãos contra a parede, permanecendo parado com as mãos na largura dos ombros e os dedos médios das mãos junto à parede;
- g) exercício 7: estrela, entrando de frente e saindo com frente contrária, executada sem impulso (sobrepasso) e em linha reta;
- h) exercício 8: prancha horizontal com o corpo estendido e os calcanhares acima da linha dos ombros, permanecendo 2 segundos na pose estática com os braços estendidos na lateral acima dos ombros.

O GD recebeu apenas demonstração dos exercícios, executados pelos monitores, sem nenhuma instrução verbal adicional. O GI, por sua vez, recebeu apenas instruções verbais a respeito dos exercícios sem nenhuma demonstração e o GDI recebeu tanto demonstração como instruções verbais. As aulas foram desenvolvidas com a colaboração de seis monitores, dois para cada grupo, previamente instruídos e sob orientação e supervisão do professor responsável pelo curso. Estes monitores, alunos do Curso de Licenciatura em Educação Física da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo, embora conhecedores da ginástica olímpica, não eram atletas da referida modalidade. Portanto, para efeito de demonstração, eles não se constituíram em modelos de excelência mas tinham, naturalmente, "status" superior ao dos alunos. Os monitores receberam as seguintes orientações: a) seguir rigorosamente a programação, trabalhando apenas com os exercícios previstos no programa; b) garantir a prática de todos os oito exercícios mesmo que sem proficiência; c) seguir rigorosamente o tempo de prática; d) utilizar apenas os procedimentos de ensino condizentes com as condições experimentais de aprendizagem; e) solicitar às crianças que não pratiquem os exercícios fora da aula; e f) utilizar a mesma dinâmica de aula.

Foram realizadas 16 sessões de prática de 90 minutos cada, com frequência de duas vezes por semana, e com a seguinte distribuição de atividades por sessão: 15 minutos de trabalho generalizado igual para todos os grupos, 30 minutos de trabalho específico segundo as condições de aprendizagem e 45 minutos de trabalho genérico, igual para todos os grupos, visando a melhoria da aptidão física, com a utilização de aparelhos próprios da ginástica olímpica e de aparelhos adaptados para iniciação na faixa etária trabalhada.

O teste final constou da execução dos oito exercícios praticados ao longo do processo de aprendizagem que foram avaliados por oito monitores previamente orientados quanto aos critérios de julgamento de cada exercício. Cada monitor avaliou todas as crianças em um único exercício e o julgamento foi realizado seguindo as pontuações pré-estabelecidas para cada exercício que são descritas a seguir:

a) exercício 1	
Ângulo maior que 90°.....	0
Ângulo de 45° a 89°.....	1
Ângulo de 10° a 44°.....	2
Ângulo menor que 9°.....	3
b) exercício 2	
Não execução.....	0
Elevar-se e não parar mesmo depois de auxiliado.....	1
Elevar-se e parar depois de auxiliado.....	2
Elevar-se e parar sozinho.....	3

c) exercício 3	
Pernas formando um ângulo menor que 90°	0
Pernas formando um ângulo de 91° a 120°	1
Pernas formando um ângulo de 121° a 170°	2
Pernas formando um ângulo maior que 171°	3
d) exercício 4	
Não execução.....	0
Executar caindo lateralmente.....	1
Executar elevando-se com o auxílio das mãos.....	2
Executar elevando-se sem o auxílio das mãos.....	3
e) exercício 5	
Não execução.....	0
Executar saindo lateralmente.....	1
Executar terminando com o apoio dos joelhos.....	2
Executar terminando com o apoio dos pés.....	3
f) exercício 6	
Não execução.....	0
Elevar-se e não parar mesmo depois de auxiliado.....	1
Elevar-se e parar depois de auxiliado.....	2
Elevar-se e parar sozinho.....	3
g) exercício 7	
Não execução.....	0
Executar com o corpo carpado.....	1
Executar sem manter os pés e as mãos alinhados.....	2
Executar mantendo o pés e as mãos alinhados.....	3
h) exercício 8	
Não execução.....	0
Executar com o corpo carpado.....	1
Executar com o corpo na horizontal.....	2
Executar com o corpo estendido e o calcanhar acima da linha dos ombros.....	3

Resultados

No estudo anterior (Públio & Tani, 1993), os escores atribuídos pelos monitores foram comparados àqueles atribuídos por um árbitro internacional que avaliou os testes gravados em videocipe. Os resultados da análise de correlação de Pearson revelaram alta correlação entre eles em três oportunidades, o que levou à utilização de dados da avaliação dos monitores para efeito de comparação dos grupos experimentais. Da mesma forma, um alto nível de correlação foi obtido, em três oportunidades, quando os escores atribuídos por uma banca de monitores foram analisados segundo duas formas de apuração distintas, evidenciando muita consistência interna na avaliação. No presente estudo, em função do mesmo critério de rigor ter sido observado na seleção dos monitores, e a seleção e as posteriores orientações terem sido feitas pelo mesmo docente responsável pelo curso que é um árbitro internacional de ginástica olímpica, considerou-se desnecessária a repetição dos procedimentos para testar a subjetividade nas observações. Mesmo assim, como uma medida de precaução para reduzir a possibilidade de eventuais discrepâncias, um mesmo monitor avaliou todas as crianças em um único exercício, conforme foi descrito anteriormente.

A FIGURA 2 mostra os resultados dos três grupos experimentais nos dois testes realizados. Como uma tendência geral, o GD ($\bar{X} = 13,14$; $SD = 5,46$) e o GDI ($\bar{X} = 12,25$; $SD = 4,62$) melhoraram de "performance" no teste final, mas o mesmo não ocorreu com o GI ($\bar{X} = 9,75$; $SD = 4,59$). Na comparação

inter-grupos, os grupos GD e GDI obtiveram resultados melhores que o GI no teste final. As análises estatísticas confirmaram estas observações. Em primeiro lugar, o teste não-paramétrico de Wilcoxon foi aplicado em cada grupo para verificar os efeitos de aprendizagem. Os valores encontrados de $T = 1$ e $T = 2,5$, respectivamente para os grupos GD e GDI, foram significantes a nível de 0,05 e portanto evidenciaram a ocorrência de aprendizagem. O GI, por sua vez, não mostrou efeito de aprendizagem ($T = 9$; $p > 0,05$) o que indica que as 16 sessões de prática recebendo apenas instruções verbais não foram suficientes para provocar uma mudança significativa de comportamento.

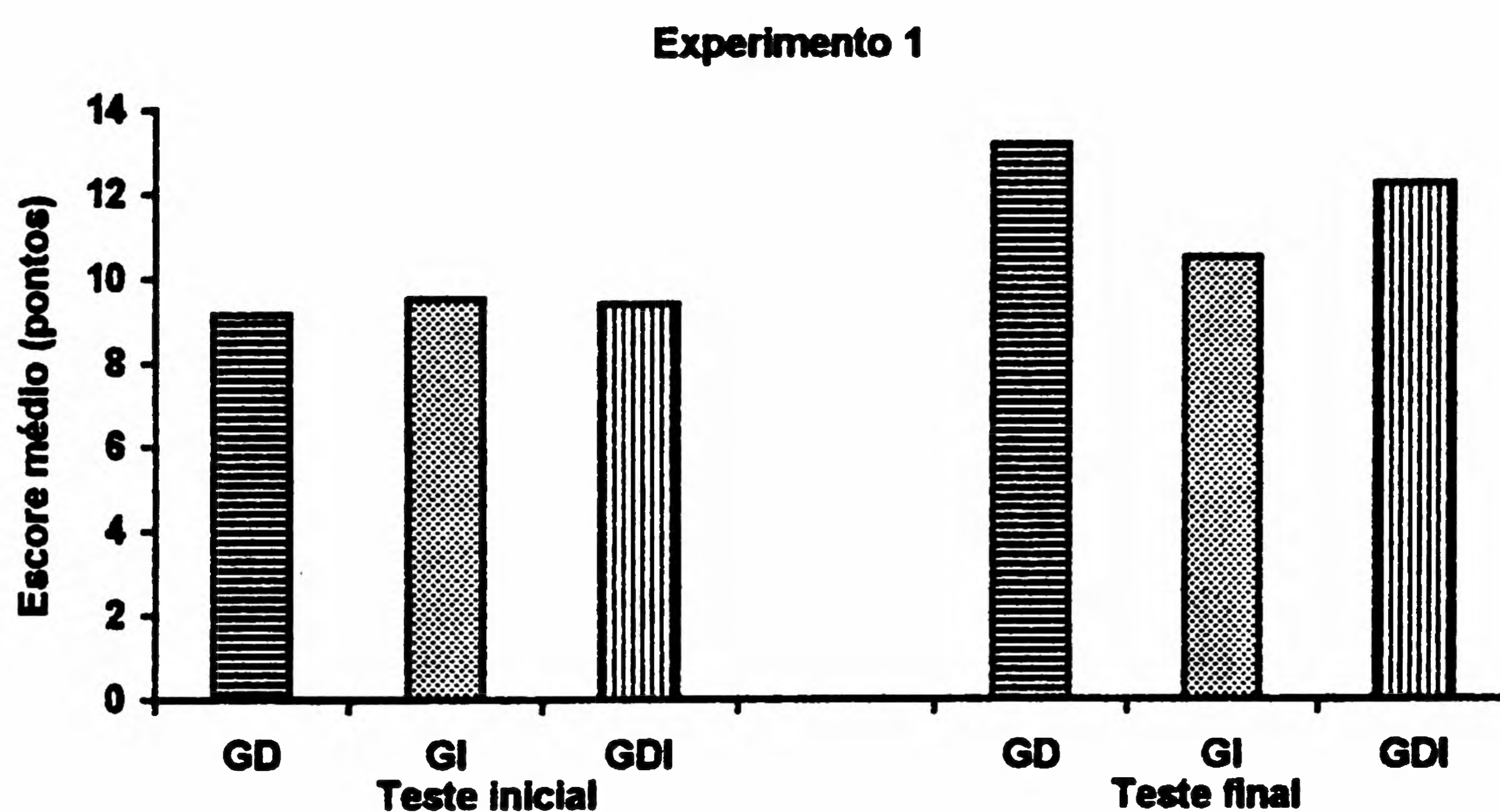


FIGURA 2 Escores médios dos três grupos experimentais no teste inicial e no teste final.

Em segundo lugar, o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis foi aplicado para testar o efeito das três condições de aprendizagem. O valor encontrado ($H = 107,78$; $GL = 2$) foi significativo a nível de 0,01 e a análise "post hoc" confirmou que os grupos GD e GDI foram melhores que o GI. Não foram detectadas diferenças significantes entre os grupos GD e GDI. Estes resultados mostram a superioridade da demonstração e da demonstração acompanhada de instruções verbais em relação às instruções verbais como variáveis que afetam a aquisição de habilidades motoras.

EXPERIMENTO 2

Conforme foi visto na revisão de literatura, estudos têm mostrado que o nível de desenvolvimento motor e de habilidade motora são fatores que podem afetar a efetividade da demonstração e de instruções verbais. Em função disso, este experimento procurou investigar os efeitos da demonstração e demonstração mais instrução verbal em crianças com nível de habilidade mais avançado em relação às crianças do experimento 1.

Método

Participaram deste experimento 12 crianças de ambos os sexos, na faixa etária de oito a 13 anos ($\bar{X} = 10$ anos), também alunos do Curso Comunitário de Ginástica Olímpica da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo. Em função dos resultados alcançados na avaliação de entrada que constou dos mesmos oito exercícios individuais de solo, as crianças foram distribuídas em dois grupos experimentais, respectivamente, grupo demonstração (GD) e grupo demonstração mais instrução (GDI), cada qual com seis crianças. O GDI teve a somatória de 118 pontos ($\bar{X} = 19,67$; $SD = 1,21$) e o GD teve 119 pontos ($\bar{X} = 19,83$; $SD = 1,16$). O teste não-paramétrico de Mann-Whitney mostrou não haver diferença

significante entre os grupos ($U = 16,5$; $p > 0,05$) e portanto eles estavam em igualdade de condições para serem submetidos às diferentes condições de aprendizagem. Como mostram as médias de pontuação, estas crianças possuíam um nível de habilidade superior se comparadas às crianças do experimento 1. A tarefa motora utilizada, os procedimentos adotados em função das diferentes condições de aprendizagem, as características das sessões de prática e o teste final foram os mesmos do experimento 1.

Resultados

A FIGURA 3 mostra os resultados dos dois grupos experimentais nos dois testes realizados. Os dois grupos tiveram comportamentos semelhantes embora o GDI tenha mostrado uma pequena melhora de “performance” no teste final ($\bar{X} = 21,33$; $SD = 2,50$) e o GD tenha mantido a sua “performance” praticamente inalterada ($\bar{X} = 19,67$; $SD = 2,06$). O teste não-paramétrico de Wilcoxon não revelou diferença significativa, a nível de 0,05, na comparação intra-grupo ($T = 4,5$ e $T = 9,5$, respectivamente para o GDI e GD), o mesmo acontecendo com o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para a comparação inter-grupos ($U = 8$; $p > 0,05$).

Uma análise superficial destes resultados poderia conduzir à conclusão de que eles corroboram as críticas feitas às pesquisas em laboratório no sentido de que elas envolvem um número muito reduzido de tentativas se comparado com o número de tentativas necessárias para a aquisição de habilidades motoras numa situação real. Entretanto, é importante considerar dois fatores, um metodológico e outro de interpretação, que podem ter contribuído para essa aparente ausência de aprendizagem. Em primeiro lugar, existe o efeito teto dos escores. Conforme foi descrito anteriormente, a pontuação máxima possível era de 24 pontos e os resultados da avaliação de entrada mostravam que as crianças estavam próximas deste valor teto. Em segundo lugar, existe o problema da interpretação qualitativa das diferenças de escore. Obviamente, é muito mais fácil às crianças progredirem, por exemplo, de 10 para 12 pontos do que de 22 para 24 pontos, embora matematicamente a diferença seja a mesma de dois pontos e portanto a mesma para efeitos de tratamento estatístico. Em outras palavras, uma mesma diferença matemática pode ter significado totalmente distinto quando analisada sob a perspectiva de exigência de “performance”. Isso significa que, em termos de aprendizagem motora, a pequena melhora demonstrada pelo GDI pode ter sido muito mais significativa do que uma simples diferença numérica pode fazer transparecer. Estas considerações mostram que um dos problemas mais complexos na área de ensino-aprendizagem de habilidades motoras é encontrar medidas de “performance” apropriadas em termos de validade interna e ecológica, particularmente na análise qualitativa do movimento.

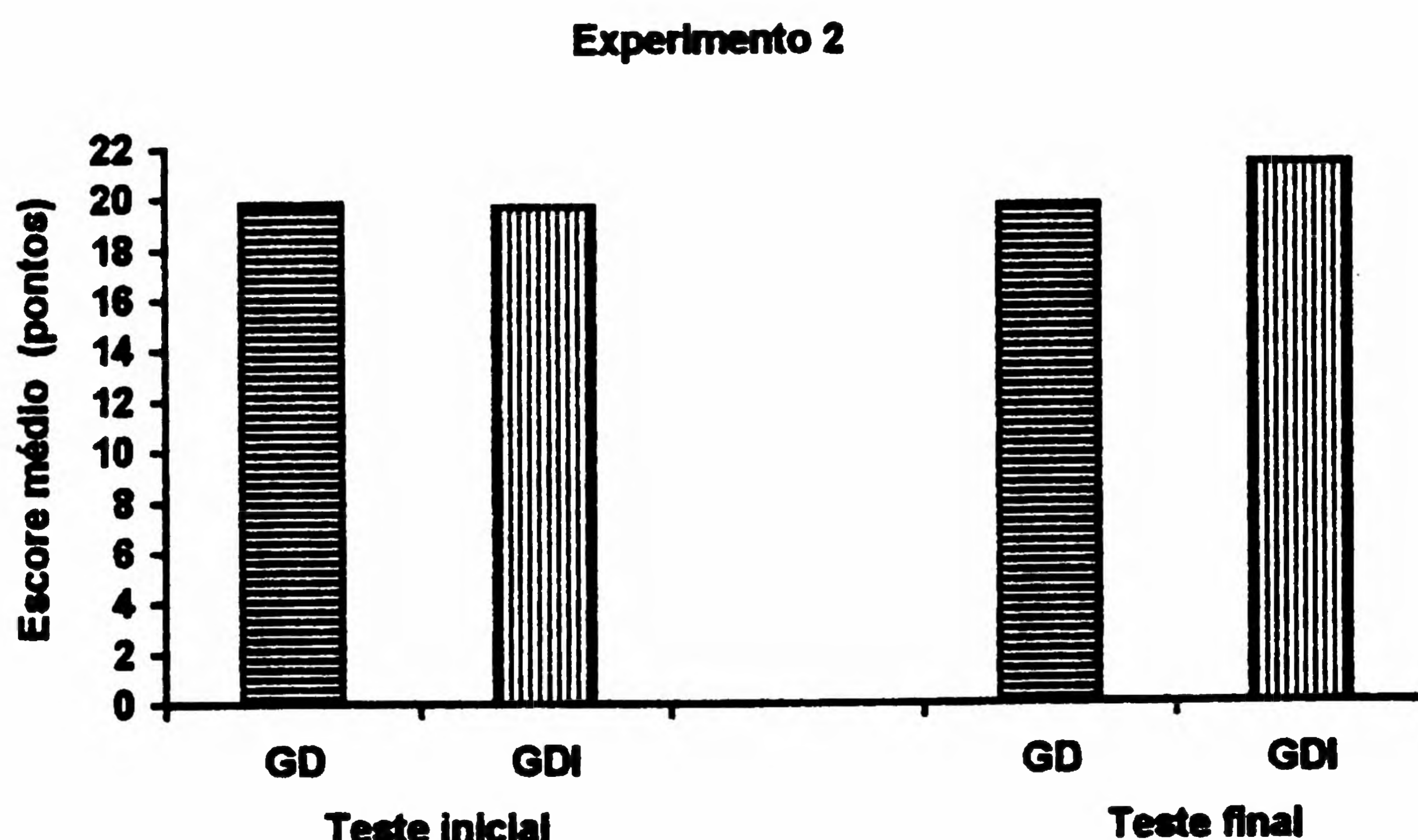


FIGURA 3 - Escores médios dos dois grupos experimentais no teste inicial e no teste final.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A instrução se refere, normalmente, ao que deve ser feito, ou seja, ela consiste da descrição da seqüência de movimentos a serem executados. É portanto um conhecimento declarativo. Ao receber a instrução, cabe ao aprendiz transformar este conhecimento declarativo em conhecimento processual e usá-lo na produção e avaliação do movimento. Em outras palavras, "o que deve ser feito" deve ser transformado em "como deve ser feito", e isto envolve um complexo processo de elaboração cognitiva. A seguir, esta linguagem cognitiva precisa ser transformada em uma linguagem neuromuscular (Requin, 1992).

A demonstração, por sua vez, ativa a imagem mental do movimento a ser executado. Ela deve ser retida na memória ativa em forma de representação imaginária ou verbal para ser utilizada na produção e avaliação de ações motoras (Bandura, 1986). A representação imaginária ou visual pode ser especialmente importante em crianças menores quando habilidades verbais acerca dos movimentos ainda não estão suficientemente desenvolvidas para que seus aspectos espaciais e temporais possam ser adequadamente representados verbalmente (Bandura, 1986). Neste sentido, as instruções verbais seriam uma variável menos efetiva de aprendizagem. Isto pode ser uma possível explicação da superioridade do GD em relação ao GI no experimento 1. Ainda no experimento 1, o fato do GDI ter mostrado comportamento semelhante ao GD e também o fato do GI não ter evidenciado mudança de "performance", reforçam esta observação no sentido de que instruções verbais não se constituíram em variáveis importantes de aprendizagem.

Por outro lado, a tendência de melhora de "performance" manifestada pelo GDI no experimento 2 que, embora estatisticamente não significativa, pode ter significado mais profundo quando analisada qualitativamente, sugere que crianças mais avançadas em termos de desenvolvimento motor e de habilidade motora podem ser favorecidas com instruções verbais adicionadas à demonstração. Neste caso, poderia estar havendo uma integração da instrução verbal com a representação verbal da demonstração.

Estudos mostram que a representação verbal pode ser mais efetiva para certos aspectos da ação motora. McCullagh et alii (1990), por exemplo, mostraram que instruções verbais foram mais benéficas do que a demonstração quando o seqüenciamento da habilidade era o foco de análise. Como no presente estudo exercícios individuais de solo que mais se caracterizam como habilidades discretas foram utilizadas como tarefas de aprendizagem, a superioridade do GD pode também ser explicada. A investigação desse fenômeno empregando-se tarefas seriadas, como aquelas do estudo anterior (Públio & Tani, 1993), pode constituir-se em um estudo interessante para uma análise mais profunda dessas proposições.

Estudos mostram também que aspectos espaciais do movimento são mais sensíveis à influência da demonstração (por exemplo, Carroll & Bandura, 1982, 1985, 1987, 1990) do que aspectos temporais, especialmente o "timing" (McCullagh & Caird, 1990). Como as tarefas utilizadas no presente estudo foram habilidades fechadas em que a consistência na organização espacial é fundamental, a efetividade da demonstração foi claramente observada.

A imagem mental, enquanto sistema de representação cognitiva, tem sido diretamente associada ao processo de controle motor. Na prática de uma habilidade motora, ao observar o modelo, o aprendiz poderia estar elaborando uma imagem motora em que ocorreria uma forma de manipulação mental de imagens visuais. Segundo Jeannerod (1994), as descargas eferentes geradas na imaginação podem ser o substrato para a facilitação subsequente da "performance" motora nas vias neuromotoras primárias. De fato, Jeannerod apresenta evidências de que o substrato neural para a formação da imagem motora é o mesmo da representação motora, no caso a área motora suplementar do córtex.

Assim, a observação e a imagem motora são partes de um fenômeno mais amplo de representação motora que resultará na facilitação da produção de movimentos. Supõe-se também que a imagem mental pode ser relacionada à descrição verbal do movimento e ser utilizada na produção e avaliação de ações motoras (Masson, 1990). Entretanto, considerando que o processo de aprendizagem motora em direção à automatização implica a gradual diminuição da necessidade de atenção ao controle dos movimentos (Fitts & Posner, 1967) e também à progressiva "desverbalização" do movimento que está para ser executado (Adams, 1971), a observação da demonstração e a posterior associação da imagem mental gerada com a verbalização do movimento, pode ter efeito distinto dependendo da fase de aprendizagem em que o aprendiz se encontra. Investigar o efeito da demonstração nas diferentes fases da aprendizagem constitui um tema promissor para futuros estudos.

Conforme foi enfatizado na revisão de literatura, é preciso diferenciar instruções verbais enquanto descrição da tarefa a ser executada com instruções associadas à demonstração. No presente estudo,

o primeiro tipo de instrução foi o objeto de investigação. Neste sentido, um aspecto interessante de se estudar é o efeito de instruções verbais associadas à demonstração. Weiss (1983) mostrou que instruções verbais associadas à demonstração facilitam a aprendizagem, principalmente em crianças menores, provavelmente porque orienta a sua atenção aos aspectos relevantes da tarefa. Da mesma forma, o estudo de Weiss & Klint (1987) mostrou que a verbalização da seqüência de movimentos e a sua repetição é um importante aspecto que influencia a efetividade da demonstração.

O presente estudo, por ter sido desenvolvido numa situação real de ensino-aprendizagem, dificultou o controle de algumas variáveis importantes. Uma delas diz respeito ao conhecimento de resultados. O efeito do conhecimento de resultados na aprendizagem motora tem sido objeto de inúmeros estudos (veja Salmoni, Schmidt & Walter, 1984, para uma revisão), entretanto, o efeito do conhecimento de resultados associado à demonstração (Adams, 1986) ainda não tem sido tema de estudos mais sistemáticos e, portanto, constitui-se em um importante tópico a ser abordado na área de ensino-aprendizagem de habilidades motoras.

ABSTRACT

EFFECTS OF DEMONSTRATION AND VERBAL INSTRUCTION ON THE LEARNING OF OLYMPIC GYMNASTICS MOTOR SKILLS

The present study aimed to investigate the effects of demonstration and verbal instruction in the acquisition of olympic gymnastics motor skills by means of two experiments carried out in a real teaching-learning situation. Experimental groups which practiced under three different learning conditions - demonstration, verbal instruction and demonstration plus verbal instruction - were compared. The results indicated a superior performance for demonstration and demonstration plus verbal instruction groups in comparison to verbal instruction group. No differences were observed between demonstration and demonstration plus verbal instruction groups. These results were discussed in the light of Bandura's theoretical propositions (1977, 1986). Accordingly, it was proposed that the mental image of the movements to be performed, elaborated from the observation of the model, can be particularly important for children whose verbal skills about movements are not fully developed in order to permit that the temporal and spatial aspects of movements can be properly represented in verbal codes.

UNITERMS: Demonstration; Verbal instruction; Observational learning; Olympic gymnastics.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J.A. The changing face of motor learning. *Human Movement Science*, v.9, p.209-20, 1990.
- _____. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, v.3, n.2, p.111-50, 1971.
- _____. Learning of movement sequences. *Psychological Bulletin*, v.96, p.3-28, 1984.
- _____. Use of the model's knowledge of results to increase the observer's performance. *Journal of Human Movement Studies*, v.12, n.2, p.89-98, 1986.
- ALBERTINI, P. *Influência da prática mental na aprendizagem de uma habilidade motora*. São Paulo, 1985. 107p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.
- ANDERSON, J. Skill acquisition: compilation of weak-method problem solving. *Psychological Review*, v.94, p.192-210, 1987.
- ANNETT, J. Motor learning: a review. In: HEUER, H.; KLEINBECK, U.; SCHMIDT, K.H., eds. *Motor behavior: programming, control, and acquisition*. New York, Springer-Verlag, 1985.
- BANDURA, A. *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1986.
- _____. *Social learning theory*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1977.
- BERNSTEIN, N. *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford, Pergamon, 1967.

- CARROLL, W.; BANDURA, A. Representation guidance of action production in observational learning: a causal analysis. **Journal of Motor Behavior**, v.22, n.1, p.85-97, 1990.
- _____. The role of timing of visual monitoring and motor rehearsal in observational learning of action patterns. **Journal of Motor Behavior**, v.17, n.3, p.269-81, 1985.
- _____. The role of visual monitoring in observational learning of action patterns: making the unobservable observable. **Journal of Motor Behavior**, v.14, n.2, p.153-67, 1982.
- _____. Translating cognition into action: the role of visual guidance in observational learning. **Journal of Motor Behavior**, v.19, n.3, p.385-98, 1987.
- CHRISTINA, R. Whatever happened to applied research in motor learning? In: SKINNER, J.S.; CORBIN, C.; LANDERS, D.; MARTIN P.; WELLS, C., eds. **Future directions in exercise and sport science research**. Champaign, IL, Human Kinetics, 1989.
- FELTZ, D. The effect of age and number of demonstrations on modeling of form and performance. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.53, n.4, p.291-6, 1982.
- FELTZ, D.; LANDERS, D. The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. **Journal of Sport Psychology**, v.5, n.1, p.25-57, 1983.
- FITTS, P.M.; POSNER, M.I. **Human performance**. Belmont, CA, Brooks & Cole, 1967.
- GLENCROSS, D.J. Human skill and motor learning: a critical review. **Sport Science Review**, v.1, n.2, p.65-78, 1992.
- GOULD, D.; WEISS, M. The effects of model similarity and model talk on self-efficacy and muscular endurance. **Journal of Sport Psychology**, v.3, n.1, p.17-29, 1981.
- HOFFMAN, S.J. Relevance, application, and the development of an unlikely theory. **Quest**, v.42, n.2, p.143-60, 1990.
- JEANNEROD, M. The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. **Behavioral and Brain Sciences**, v.17, n.2, p.187-202, 1994.
- LANDERS, D.; LANDERS, D. Teacher versus peer models: effects of model's presence and performance level on motor behavior. **Journal of Motor Behavior**, v.5, p.139-59, 1973.
- LEE, T.D.; SWINNEN, S.P.; SERRIEN, D.J. Cognitive effort and motor learning. **Quest**, v.46, n.3, p.328-44, 1994.
- LEE, T.; WHITE, M. Influence of an unskilled model's practice schedule on observational motor learning. **Human Movement Science**, v.3, p.349-67, 1990.
- McCULLAGH, P. Modeling: learning, development, and social psychological considerations. In: SINGER, R.N.; MURPHY, M.; TENANT, L.K., eds. **Handbook of research in sport psychology**. New York, McMillan, 1993.
- McCULLAGH, P.; CAIRD, J. Correct and learning models and the use of model knowledge of results in the acquisition and retention of a motor skill. **Journal of Human Movement Studies**, v.18, n.3, p.107-16, 1990.
- McCULLAGH, P.; STIEHL, J.; WEISS, M. Developmental modeling effects on the quantitative and qualitative aspects of motor performance acquisition. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.61, n.4, p.344-50, 1990.
- McCULLAGH, P.; WEISS, M.; ROSS, D. Modeling consideration in motor skill acquisition and performance: an integrated approach. In: PANDOLF, K., ed. **Exercise and sport sciences review**. Baltimore, Williams & Wilkins, 1989. p.475-513.
- MAGILL, R. A. **Motor learning: concepts and applications**. 3.ed. Dubuque, IA, Brown & Benchmark, 1989.
- MANOEL, E.J. Aprendizagem motora: o processo de aquisição de ações motoras habilidosas. In: NETO, A.D.; GOELLNER, S.L.; BRACHT, V.L., org. **As ciências do esporte no Brasil**. Campinas, Autores Autorizados, 1995.
- _____. **Desenvolvimento do comportamento motor humano: uma abordagem sistêmica**. São Paulo, 1989. 312p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.
- MARQUES, C.P. **A influência da prática mental na aquisição e retenção de uma habilidade da ginástica artística**. São Paulo, 1989. 118p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.
- MASSON, M.E.J. Cognitive theories of skill acquisition. **Human Movement Science**, v.9, p.221-39, 1990.
- MELO, J.M.C. **Efeitos da prática mental em tarefas motoras de diferentes envolvimento cognitivos**. São Paulo, 1993. 60p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.
- NEWELL, K. Motor skill acquisition. **Annual Review of Psychology**, v.42, p.213-37, 1991.
- NEWELL, K.; MORRIS, L.; SCULLY, D. Augmented information and the acquisition of skills in physical activity. In: TERJUNG, R., ed. **Exercise and sport sciences review**. New York, MacMillan, 1985. p.235-61.
- PATTEE, H. The complementarity principle in biological and social structures. **Journal of Social and Biological Structures**, v.1, p.191-200, 1978.
- PETERSEN, R.; SANTOS, L.; REGHELIN, C. A contribuição das pesquisas em aprendizagem motora para o ensino de educação física. In: BENTO, J.; MARQUES, A., eds. **As ciências do desporto e a prática desportiva**. Porto, Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, 1991. v.1.
- POLANYI, M. **Personal knowledge: towards a post-critical philosophy**. London, Routledge & Kegan Paul, 1964.
- POLLOCK, B.; LEE, T. Effects of the model's skill level on observational motor learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.63, n.1, p.25-9, 1992.
- PÚBLIO, N.S.; TANI, G. Aprendizagem de habilidades motoras seriadas da ginástica olímpica. **Revista Paulista de Educação Física**, v.7, n.1, p.58-68, 1993.

- REQUIN, J. From action representation to movement control. In: STELMACH, G.E.; REQUIN, J., eds. **Tutorials in motor behavior II**. Amsterdam, North-Holland, 1992.
- ROSENBAUM, D. **Human motor control**. New York, Academic Press, 1991.
- SALMONI, A.; SCHMIDT, R.; WALTER, C. Knowledge of results and motor learning. **Psychological Bulletin**, v.95, n.3, p.355-86, 1984.
- SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, v.82, n.4, p.225-60, 1975.
- _____. Toward a better understanding of the acquisition of skill: theoretical and practical contributions of the task approach. In: SKINNER, J.S.; CORBIN, C.; LANDERS, D.; MARTIN, P.; WELLS, C., eds. **Future directions in exercise and sport science research**. Champaign, IL, Human Kinetics, 1989.
- STELMACH, G. The importance of process-oriented research. In: SKINNER, J.S.; CORBIN, C.; LANDERS, D.; MARTIN, P.; WELLS, C., eds. **Future directions in exercise and sport science research**. Champaign, IL, Human Kinetics, 1989.
- TANI, G. Aprendizagem motora. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 2, Rio Claro. **Anais**. Rio Claro, Departamento de Educação Física, 1989a.
- _____. Contribuições da aprendizagem motora à educação física: uma análise crítica. **Revista Paulista de Educação Física**, v.6, n.2, p.65-72, 1992.
- _____. Pesquisa e pós-graduação em educação física. In: PASSOS, S., org. **Educação física e esportes na universidade**. Brasília, SEED-MEC/UnB, 1988.
- _____. Significado, detecção e correção do erro de performance no processo ensino-aprendizagem de habilidades motoras. **Revista Brasileira de Ciências & Movimento**, v.3, n.4, p.50-8, 1989b.
- TULVING, E. How many systems of memory are there? **American Psychologist**, v.40, p.385-90, 1985.
- WEIR, P.; LEAVITT, J. Effects of model's skill level and model's knowledge of results on the performance of a dart throwing task. **Human Movement Science**, v.9, p.369-83, 1990.
- WEISS, M. Modeling and motor performance: a developmental perspective. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.54, n.2, p.190-7, 1983.
- WEISS, M.; KLINT, K. "Show and tell" in the gymnasium: an investigation of developmental differences in modeling and verbal rehearsal of motor skills. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.58, n.2, p.234-41, 1987.
- WHITING, H.T.A. The concepts of adaptation and attunement in skill learning. In: SELFRIDGE, O.G.; RISLAND, E.L.; ARBIB, M.A., eds. **Adaptive control of ill-defined systems**. New York, Plenum, 1984.
- WHITING, H.T.; BIJLARD, M.J.; den BRINKER, B.P. The effect of the availability of a dynamic model on the acquisition of a complex cyclical action. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v.39A, p.43-59, 1987.
- WILLIAMS, J.G. Perceiving human movement: a review of research with implications for the use of the demonstration during motor learning. **Physical Education Review**, v.9, n.1, p.53-8, 1986.

Recebido em : 12 abr. 1995
 1a. revisão em: 19 maio 1995
 2a. revisão em: 19 out. 1995
 Aceito em: 31 out. 1995

Nossos agradecimentos a todos os monitores que participaram dos experimentos.

ENDEREÇO: Nestor Soares Públio
 Av. Prof. Mello Moraes, 65
 05508-900 - São Paulo - SP - BRASIL

LACTATO SANGÜÍNEO EM PROVAS COMBINADAS E ISOLADAS DO TRIATLO: POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES PARA O DESEMPENHO

José Mário Pinto COSTA*
Eduardo KOKUBUN*

RESUMO

Com o propósito de verificar a variação do lactato sangüíneo em provas de Short Triathlon e sua repercussão sobre o desempenho, oito atletas foram submetidos a três sessões de avaliações. Na primeira, os atletas realizaram a prova completa do Short Triathlon constituída de 750 m de natação, 20 km de ciclismo e 5 km de corrida. Na segunda e terceira sessões, os atletas realizaram, respectivamente a prova de ciclismo e de corrida isoladamente. Ao final de cada uma das provas e na transição na prova combinada, foram coletadas amostras de sangue para análise de lactato. As velocidades em ciclismo e corrida foram maiores quando realizadas isoladamente do que quando combinadas (aumento de respectivamente, 4,1% e 8,0%). Não houve diferença significativa entre os valores da concentração de lactato, que variou entre 6,68 a 9,11 mM. Contudo, as diferenças de tempo e de lactato entre as provas combinadas e isoladas apresentaram correlação significativa ($r = -0,53$). Esses resultados sugerem que a diminuição do desempenho na prova combinada pode ser atribuída à alta acidose que se verifica em qualquer uma das três provas.

UNITERMOS: Triatlo; Prova combinada; Prova isolada; Lactato sangüíneo.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso do lactato sangüíneo, como indicador do estado de condicionamento físico, ou da intensidade de treinamento, ganhou grande impulso. Isto se deve, principalmente, à facilidade na obtenção e análise de amostras através de instrumentos semi-automatizados (Jacobs, 1986). Em particular, esta medição tem sido amplamente utilizada em exercícios aeróbios e anaeróbios (Hopkins, 1991).

Dentre os esportes que envolvem resistência, o triatlo tem ganhado grande popularidade nos últimos anos. A prova considerada mais importante - o Ironman - é constituída de 3,8 km de natação, 180 km de ciclismo de estrada e maratona de 42,195 km, a serem realizadas em um único dia. Entretanto, com o intuito de facilitar a popularização deste esporte, foi introduzido o Short Triathlon cujas distâncias das provas de natação, ciclismo e corrida foram reduzidas, respectivamente, para 750 m, 20 km e 5 km.

Nos exercícios de longa duração, com duração superior a 30 minutos, a energia para a contração muscular provém da combustão aeróbica do glicogênio, gorduras e proteínas (Astrand & Rodahl, 1980; Fox & Mathews, 1983). Em exercícios de baixa intensidade, há predominância da utilização de gorduras sobre a de glicogênio, ocorrendo o inverso nos de alta intensidade (Holloszy & Coyle, 1984).

Em exercícios de longa duração, o atleta está sujeito a fadiga devido a vários fatores: depleção de glicogênio muscular, acidose induzida pelo lactato, desequilíbrio hídrico ou mineral, etc (Roberts & Smith, 1989).

* Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (Rio Claro - SP).

A acidose induzida pelo lactato é um importante fator de fadiga (Jacobs, 1986). Tem-se demonstrado que elevada lactacidemia pode induzir fadiga em exercício, independente do músculo em atividade (Weltman & Reagan, 1983). Esta situação pode ocorrer, no triatlo, quando um atleta realiza as primeiras provas em intensidades muito elevadas. Na natação, há predominância da utilização de membros superiores. Contudo, se houver acúmulo de lactato na natação, as provas subseqüentes, apesar da predominância da atividade de membros inferiores, devem estar prejudicadas. Embora a produção de energia através da metabolização do glicogênio a lactato seja predominante em exercícios com duração de até três minutos (Fox & Mathews, 1983), atletas bem condicionados podem tolerar elevadas concentrações de lactato durante muito tempo (Sahlin & Henriksson, 1984; Stegemann, 1982).

A depleção de glicogênio muscular é reconhecida, há muito tempo, como um importante fator de fadiga no exercício de longa duração (Bergstrom, Hermansen, Hultman & Saltin, 1967). Além disso, sabe-se que a depleção de glicogênio muscular ocorre, predominantemente, nas fibras musculares recrutadas no exercício (Fox & Mathews, 1983). Em outras palavras, exercícios de alta intensidade produzem depleção de glicogênio em fibras brancas, enquanto que os de baixa intensidade em fibras vermelhas. Já que o glicogênio muscular é o substrato primário da produção de lactato, a depleção daquele resulta em menor produção deste ácido.

O presente estudo foi elaborado com o propósito de verificar se a realização das primeiras provas do Short Triathlon podem induzir fadiga nas provas subseqüentes, em particular a participação do lactato neste processo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram sujeitos deste estudo, oito triatletas do sexo masculino (idade $26,3 \pm 4,1$ anos, peso $65,1 \pm 2,5$ kg e estatura $1,75 \pm 0,04$ m), que realizavam treinamento regular para esta modalidade. Os dados foram coletados em três sessões realizadas com intervalo de pelo menos 24 horas. Na primeira sessão, os atletas realizaram uma prova completa de Short Triathlon (natação 750 m, ciclismo 20 km e corrida 5 km). Ao final de cada uma das três provas, foi feita uma coleta de sangue para análise de lactato. Na segunda sessão, os atletas realizaram a corrida de 5 km, sendo o sangue coletado para análise de lactato imediatamente após a realização da prova. Na terceira sessão, os atletas realizaram a prova de ciclismo de 20 km, com nova coleta de sangue. Em todas as provas foram tomados os tempos, e calculadas as velocidades médias.

O sangue foi coletado do lóbulo da orelha, através de um tubo capilar heparinizado calibrado para 25 ml, e imediatamente transferido para tubos plásticos com tampa contendo 50 ml de fluoreto de sódio a 1%. A concentração de lactato no sangue foi determinada através de método eletroquímico, utilizando-se o aparelho YSL 2300 STAT (Yellow Spring Co., EUA, gentilmente cedido pela PROCYON INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA LTDA, São Paulo, SP).

As médias de velocidade e de lactato obtidas na prova combinada foram comparadas com as médias nas provas isoladas (ciclismo e corrida), através do teste t de Student para amostras pareadas. Foram calculadas as diferenças de tempo e de lactato, entre a prova isolada e combinada, da corrida e ciclismo. Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre as diferenças de tempo e lactato. Adotou-se o nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TABELA 1 estão apresentados os tempos e as velocidades das provas combinadas e isoladas.

TABELA 1 - Média (\bar{X}) e desvio padrão (SD) de tempo e velocidade de provas combinadas e isoladas.

	Natação	Ciclismo		Corrida		
		combinada	isolada	combinada	isolada	
Tempo (min:seg)						
\bar{X}	10:59	33:57	32:38	19:43	18:12	
SD	1:02	1:59	2:08	1:54	1:43	
Velocidade (m/min)						
\bar{X}	68,9	590,9	615,5	255,8	276,4	
SD	6,6	32,1	38,3	21,8	20,4	
Diferença de velocidade em m/min (combinada - isolada)						
\bar{X}			-24,6*		-20,6*	
SD			20,6		6,9	

* Diferença significativa entre a prova combinada e isolada ($p < 0,05$).

As velocidades no ciclismo e na corrida foram significativamente maiores, respectivamente, de 4,1% e 8,0% na prova isolada do que na combinada.

Na TABELA 2 estão apresentadas as médias do lactato sanguíneo nas diferentes provas. Não houve diferença significativa entre as provas combinadas e isoladas. Todos os sujeitos avaliados apresentaram menor tempo nas provas isoladas de ciclismo e corrida do que na prova combinada. Porém, com relação ao lactato, houve uma distribuição semelhante entre aqueles que aumentaram e aqueles que diminuíram a concentração deste metabólito. Dentre os oito sujeitos, apenas um apresentou o lactato sanguíneo inferior a 5,0 mM e um outro entre 4,8 e 6,0 mM na prova combinada. Todos os demais sujeitos realizaram as três provas combinadas com lactato superior a 6,0 mM.

TABELA 2 - Média (\bar{X}) e desvio padrão (SD) do lactato de provas combinadas e isoladas.

	Natação	Ciclismo		Corrida		
		combinada	isolada	combinada	isolada	
Lactato sanguíneo (mM)						
\bar{X}	6,68	7,39	9,11	6,79	7,16	
SD	1,83	2,85	1,49	1,55	2,06	
Diferença de lactato em mM (combinada - isolada)						
\bar{X}			-1,72		-0,37	
SD			2,64		1,93	

Houve correlação negativa ($r = -0,53$, $p < 0,05$) entre as diferenças de lactato e de tempo entre as provas isoladas e combinadas de corrida e ciclismo. Embora esta correlação não seja elevada, reflete a tendência de que quanto maior a melhora de tempo nas provas isoladas, maior foi o aumento no lactato.

Segundo Pereira (1989), as intensidades de exercício podem ser expressas pela concentração de lactato sanguíneo em quatro níveis:

- 1) trabalho de aeróbio, correspondendo a lactato de até 2,0 mM;
- 2) trabalho de baixa acidose, com lactato até 4,0 mM;
- 3) trabalho de média acidose, com lactato de até 6,0 mM e
- 4) trabalho de elevada acidose, com lactato superior a 6,0 mM.

Considerando as concentrações de lactato obtidas no presente estudo, a prova de Short Triathlon pode ser classificada como trabalho com elevada acidose.

Conforme Jacobs (1986), quando a concentração de lactato atinge valores superiores a 5 mM, há fadiga evidente no exercício subsequente. Na prova combinada, os atletas iniciaram a prova de ciclismo e de corrida com concentração de lactato sempre superiores a 6 mM. Esse resultado é compatível com a hipótese de que a elevada concentração de lactato na natação levaria à diminuição do desempenho no ciclismo. Do mesmo modo, a elevada lactacidemia nesta última levaria à fadiga na prova de corrida.

Demonstrou-se que a concentração de lactato sanguíneo diminui quando há depleção de glicogênio (Roberts & Smith, 1989). A depleção de glicogênio é um importante fator de fadiga em exercícios com duração de 90 minutos ou mais (Bergstrom et alii, 1967). Na prova combinada de triatlo, analisada neste estudo, a duração foi de 64 minutos, portanto mais curta do que aqueles associados com a exaustão devido à depleção de glicogênio. Além disso, a menor velocidade na prova combinada, deve estar associada à menor concentração de lactato. Assim, é provável que no Short Triathlon, o conteúdo de glicogênio muscular não seja limitante para o desempenho na prova, e sim, a sua realização em constante estado de elevada acidose.

Farber, Arbetter, Schaefer, Hill & Dallal (1987) verificaram que a concentração do lactato em competição de Ironman permanecia estável. van Rensburg, Kielblock & van der Linde (1986) verificaram que a concentração plasmática de glicerol e ácidos graxos livres aumentava ao longo da mesma competição. Esses achados estão de acordo com a hipótese de que, em provas de longa duração, tal como o Ironman, a mobilização e oxidação de lípidos aumenta ao longo de sua realização, agindo como importante mecanismo de economia de glicogênio muscular (O'Toole, Douglas & Hiller, 1989).

A influência da combinação de provas sobre o desempenho, especificamente no triatlo, foi investigada por vários autores. Borchers & Buckenmeyer (1987) verificaram que a realização de 20 minutos de natação não afetava nem o consumo de oxigênio, nem a frequência cardíaca no exercício em cicloergômetro realizado posteriormente. Mayers, Holland, Rich, Vincent & Heng (1986) verificaram que, após 45 minutos de ciclismo, a velocidade máxima de corrida era significativamente diminuída. Kreider, Cundif, Hammett, Cortes & Williams (1988) verificaram que após 60 minutos de ciclismo, havia aumento do consumo de oxigênio, lactato sanguíneo, frequência cardíaca e ventilação pulmonar quando os sujeitos realizavam corrida em velocidade constante. Esses achados sugerem que a prova de natação não afeta o desempenho em ciclismo, porém, este último, afeta o desempenho na corrida. Os resultados do presente trabalho confirmam o efeito residual da prova de ciclismo sobre a de corrida. Contudo, não está de acordo com o trabalho de Borchers & Buckenmeyer (1987), talvez devido à menor duração da natação neste estudo. Como está bem estabelecido, quanto menor a duração do esforço, maior é a intensidade do exercício e conseqüentemente, a concentração do lactato.

Em vista dos achados do presente trabalho, duas possibilidades podem ser apontadas para o treinamento em Short Triathlon:

- 1) treinamento para aumentar a tolerância à acidose, através de exercícios anaeróbios, ou
- 2) treinamento para diminuir a produção de lactato, através de exercícios aeróbios.

Entretanto, o treinamento de alta intensidade está inversamente correlacionado com a capacidade aeróbica (Plisk, 1991). Há depressão da capacidade respiratória celular (Chen & Gollnick, 1994) que pode reduzir a capacidade oxidativa muscular em até 55% e a atividade da citocromo oxidase em 40% (Booth & Thomason, 1991). Por outro lado, o treinamento aeróbio resulta em aumento da atividade enzimática mitocondrial, e, em conseqüência, a capacidade de oxidação de gorduras e carboidratos. Disto resulta (O'Toole et alii, 1989): menores concentrações muscular e sanguínea de lactato, menor taxa de depleção de glicogênio e maior aproveitamento das gorduras para o metabolismo energético. O treinamento aeróbio produz queda na atividade de enzimas glicolíticas, tais como a glicogênio fosforilase, fosfofrutoquinase, gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase, piruvato quinase e lactato desidrogenase (Holloszy, 1975; Holloszy & Coyle, 1984). Essas adaptações resultam em deslocamento da curva de lactato para a direita, de modo que o seu acúmulo se inicia em intensidade de exercício mais elevada (Jacobs, 1986).

Tem-se demonstrado haver correlação significativa entre o limiar ventilatório com o desempenho na natação e corrida no Short Triathlon ($r = -0,73$ a $-0,88$) (Sleivert & Wenger, 1993). Balakian Junior & Denadai (1994) verificaram correlação significativa entre o limiar de lactato a ponto fixo (4 mM) determinado em testes específicos de natação, ciclismo e corrida com o desempenho em cada modalidade da prova de Short Triathlon (respectivamente, $r = -0,98$, $r = -0,90$ e $r = -0,89$). Além disso, verificaram que a velocidade média da prova de

natação era significativamente maior do que o respectivo limiar de lactato, enquanto que nas provas de ciclismo e corrida, o resultado era o inverso. Esses achados indicam que o treinamento aeróbio é mais importante para o Short Triathlon do que o treinamento para tolerância da lactacidemia.

O treinamento para o Short Triathlon, através de provas isoladas, deve ser aplicado com algum cuidado. Dos resultados do presente estudo depreende-se que esta situação não reflete o quadro fisiológico real da prova combinada. Nesta última, o atleta realiza o esforço em condição de maior lactacidemia e, possivelmente, com menor eficiência mecânica do que nas provas isoladas. Assim, sugere-se que, num programa de treinamento, sejam aplicadas, principalmente no período específico, treinamentos simulando a situação real de competição.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo indicam que:

- 1) a prova combinada de triatlo provoca diminuição significativa no desempenho das provas de ciclismo e corrida;
- 2) nas provas combinadas, a redução do desempenho é devido, parcialmente, à elevada lactacidemia, que já ocorre na prova de natação.

ABSTRACT

BLOOD LACTATE RESPONSE TO A COMPLETE AND ISOLATED SHORT TRIATHLON: IMPLICATIONS TO THE PERFORMANCE

In an attempt to understand the blood lactate response to the triathlon, and its effects upon the performance, eight male triathletes were submitted to three test sessions. In the former, the subjects did a complete race session, which consisted of: 750 m swimming, 20 km cycling and 5 km running. In the later two sessions (isolated) they did the cycling or the running after, at least, 24 hours rest. During the transitions in the first session and after the completion of all sessions, blood was taken for lactate analysis. The cycling and running speeds were greater in the isolated than the complete session (respectively, 4.1% and 8.0%). The mean blood lactate ranged from 6.68 to 9.11 mM but no significant difference was detected between the sessions. However, the time and lactate differences in the isolated and complete race were inversely correlated ($r = -0.53$). These findings suggest that the decreased performance in the complete race is due to the elevated acidosis resulting from any of the triathlon events.

UNITERMS: Triathlon; Complete race; Isolated race; Blood lactate.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTRAND, P.; RODAHL, K. *Tratado de fisiologia do esforço*. 2.ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.
- BALAKIAN JUNIOR, P.; DENADAI, B.S. Relação entre limiar anaeróbio e performance no short triathlon. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 19., São Caetano do Sul, 1994. *Anais São Caetano do Sul, CELAFISCS*, 1994. p.123
- BERGSTROM, J.; HERMANSEN, L.; HULTMAN, E.; SALTIN, B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.71, p.140-50, 1967.
- BOOTH, F.W.; THOMASON, B.D. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. *Physiological Review*, v.71, p.541-85, 1991.
- BORCHERS, G.E.; BUCKENMEYER, P.J. Triathlon: the swim to bicycle transitions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.19, p.S49, 1987. Supplement.
- CHEN, J.; GOLLNICK, P.D. Effect of exercise on hexokinase distribution and mitochondrial respiration in skeletal muscle. *European Journal of Physiology*, v.427, p.257-63, 1994.

- FARBER, H.; ARBETTER, J.; SCHAEFER, E.; HILL, S.; DALLAL, G. Acute metabolic effects of an endurance triathlon. *Annals of Sports Medicine*, v.3, p.131-8, 1987.
- FOX, E.L.; MATHEWS, D.K. *Bases fisiológicas da educação física e dos desportos*. 3.ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1983.
- HOLLOSZY, J.O. Adaptation of skeletal muscle to endurance exercise. *Medicine and Science in Sports*, v.7, p.155-64, 1975.
- HOLLOSZY, J.; COYLE, E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, v.56, p.831-8, 1984.
- HOPKINS, W.G. Quantification of training in competitive sports methods and applications. *Sports Medicine*, v.12, p.161-83, 1991.
- JACOBS, I. Blood lactate: implications for training and sports performance. *Sports Medicine*, v.3, p.10-25, 1986.
- KREIDER, R.B.; CUNDIFF, D.E.; HAMMETT, J.B.; CORTES, C.W.; WILLIAMS, K.W. Effects of cycling on running performance in triathletes. *Annals of Sports Medicine*, v.3, p.220-5, 1988.
- MAYERS, M.A.; HOLLAND, G.J.; RICH, G.Q.; VINCENT, W.J.; HENG, M. Effects of prolonged intense cycle ergometry upon immediately subsequent maximal treadmill running in trained triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.18, p.S38, 1986. Supplement.
- OTOOLE, M.L.; DOUGLAS, P.S.; HILLER, W.D. Applied physiology of a triathlon. *Sports Medicine*, v.8, p.201-25, 1989.
- PEREIRA, J.G. A transição aeróbia-anaeróbia: sua importância na prescrição e controle do treino. *Treino Desportivo*, v.11, p.44-6, 1989.
- PLISK, S.S. Anaerobic metabolic conditioning: a brief review of theory, strategy and practical application. *Journal of Applied Sport Science Research*, v.5, p.22-34, 1991.
- ROBERTS, D.; SMITH, D.J. Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue: a review. *Sports Medicine*, v.7, p.125-38, 1989.
- SAHLIN, K.; HENRIKSSON, J. Buffer capacity and lactate accumulation in skeletal muscle of trained and untrained men. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.122, p.331-9, 1984.
- SLEIVERT, G.G.; WENGER, H.A. Physiological predictors of short-course triathlon performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.25, p.871-6, 1993.
- STEGEMANN, H. Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, v.3, p.163-8, 1982.
- van RENSBURG, J.P.; KIELBLOCK, A.J.; van der LINDE, A. Physiologic and biochemical changes during a triathlon competition. *International Journal of Sports Medicine*, v.7, p.30-5, 1986.
- WELTMAN, A.; REAGAN, J.D. Prior exhaustive exercise and subsequent, maximal constant load exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, v.4, p.184-9, 1983.

Recebido para publicação em: 18 abr.1995

Revisado em: 07 jun.1995

Aceito em: 25 jul.1995

ENDEREÇO: Eduardo Kokubun
 Depto. Ed. Física, IB/UNESP
 Av. 24 A, 1515
 13506-900 - Rio Claro - SP - BRASIL

INFLUÊNCIAS DE ESTERÓIDE ANABÓLICO (DECA-DURABOLIN) SOBRE O METABOLISMO DE RATOS SUBMETIDOS AO TREINAMENTO FÍSICO

Sídney Barnabé PERES^{*}
Eliete LUCIANO^{*}

RESUMO

Os esteróides anabólicos têm sido descritos por aumentarem a massa muscular e o balanço nitrogenado positivo. Por outro lado, o treinamento físico aumenta as reservas de carboidratos, bem como a síntese de proteínas. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da deca-durabolin sobre o metabolismo em ratos submetidos ao treinamento físico. Os ratos foram distribuídos em sedentários não tratados (SN); sedentários tratados (ST); treinados não tratados (TN) e treinados tratados (TT). Os tratados receberam duas injeções subcutâneas por semana do decanoato de nandrolona (1 mg/kg p.c.) durante seis semanas. O programa de treinamento consistiu de natação com carga de 5% do peso corporal, uma hora por dia, cinco dias por semana, durante seis semanas. Após o período experimental, os ratos foram sacrificados por decapitação, e o sangue e tecidos coletados para análises. Não foram encontradas diferenças significativas nos níveis de glicose e proteínas circulantes. O grupo TT mostrou aumento no peso corporal e tecido adiposo epididimal. O glicogênio e proteínas no diafragma foi elevado nos grupos ST, TN e TT. Portanto, o esteróide anabolizante e a atividade física tiveram influências sobre o metabolismo de ratos Wistar.

UNITERMOS: Esteróide anabólico; Treinamento físico; Metabolismo; Glicogênio; Proteína.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do músculo esquelético em organismos jovens e a manutenção da massa muscular em adultos, requerem um adequado suprimento de insulina acompanhado de atividade contrátil. A atividade parece ser determinante fundamental da massa muscular e pode preceder os sinais endócrinos para a depleção de proteínas no músculo. Além disso, os músculos mantidos inativos são mais sensíveis aos sinais catabólicos dos hormônios contra-regulatórios (Goldberg, 1978; Kinball, Vary & Jefferson, 1994). O exercício físico estimula a captação e a metabolização da glicose pelo músculo esquelético, interfere na síntese do glicogênio sintase, além de aumentar o número e a afinidade dos receptores de insulina nas células musculares (Wallberg-Henriksson, 1992). Experimentos com animais *in vivo* ou com músculos isolados têm mostrado que a atividade contrátil e a insulina podem influenciar, independentemente, os processos de captação de aminoácidos, favorecendo a síntese protéica (Kinball et alii, 1994).

Os esteróides anabólicos androgênicos, por outro lado, vêm despertando a atenção dos pesquisadores nas últimas décadas, devido ao seu envolvimento com esportes de alto nível. O uso dos esteróides, compostos químicos que possuem mecanismo de ação semelhante à testosterona, em sua maioria, visam o aumento de massa muscular, com conseqüente incremento do metabolismo protéico e balanço nitrogenado positivo (Johnson, 1985; Yesalis, 1993). Alguns estudos têm mostrado, no entanto, que muitos esteróides apresentam efeitos colaterais como atrofia do tecido testicular, tumores hepáticos e de próstata

^{*} Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (Rio Claro - SP).

acompanhado de comprometimento na produção de testosterona, além de alterações no metabolismo lipídico com aceleração dos processos de formação de ateromas (Johnson, 1985; Yesalis, 1993).

A deca-durabolin (17 decanoato de nandrolona) se caracteriza como um esteróide anabólico que apresenta efeitos poupadores protéicos e anticatabólicos, além de efeitos favoráveis no metabolismo do cálcio (Adami & Rossini, 1993). Sabe-se da literatura, que este anabólico não apresenta efeitos androgênicos, o que provavelmente está associado à presença da enzima 5 α -redutase em tecidos contendo receptores androgênicos. Pela 5 α -redução, a nandrolona passa a 5 α -dihidronandrolona, e esta liga-se, menos fortemente, ao receptor androgênico do que a nandrolona. O reverso aplica-se a testosterona. Isto explica o efeito relativamente forte da nandrolona nos tecidos destituídos de atividade 5 α -redutase como é o caso do tecido muscular (Kochakian, 1993). Em função desses aspectos, a deca-durabolin tem sido amplamente indicada na recuperação dos estados que envolvem catabolismo protéico. Estudos envolvendo sua participação sobre parâmetros metabólicos de organismos submetidos ao exercício físico regular são relevantes para esclarecer os efeitos desse esteróide que tem sido muito utilizado pela população.

Assim, nosso principal objetivo foi estudar as interações resultantes da atividade física crônica e do tratamento com deca-durabolin sobre o metabolismo de carboidratos e proteínas em ratos Wistar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados 24 ratos machos adultos Wistar mantidos no Biotério do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista -Rio Claro (IB-UNESP-Rio Claro). Os animais foram alimentados com ração balanceada padrão (Purina) e água "ad libitum" e mantidos em gaiolas coletivas à temperatura ambiente controlada de 25°C e fotoperíodo de 12 horas de claro / 12 horas de escuro.

GRUPOS EXPERIMENTAIS

Os animais foram distribuídos nos seguintes grupos experimentais: sedentários, subdivididos em não tratados (SN - n = 6) e tratados com deca-durabolin (ST - n = 6) e treinados subdivididos em não tratados (TN - n = 6) e tratados (TT - n = 6).

Os animais dos grupos treinados realizaram um programa de atividade física que consistiu de natação, com carga equivalente a 5% do peso corporal, por 60 minutos diários, cinco dias na semana durante seis semanas. As duas semanas iniciais foram destinadas à adaptação ao esquema de natação. A temperatura da água foi mantida entre 30 e 32°C em um recipiente com 100 cm de comprimento, 70 cm de largura e 60 cm de profundidade (Luciano, 1991).

TRATAMENTO COM DECA-DURABOLIN

Os ratos dos grupos tratados receberam injeção subcutânea de deca-durabolin (decanoato de nandrolona - 1,0 mg/kg p.c.) diluída em óleo vegetal, duas vezes por semana. Os grupos controles receberam injeção de óleo vegetal nos mesmos períodos que os tratados.

AVALIAÇÕES

O sacrifício dos animais ocorreu por decapitação, às 8:00 horas, após 48 horas da última sessão de exercício, ao final de seis semanas do programa anteriormente descrito. No sangue coletado foram determinados glicemia (método da glicose-oxidase) e proteínas totais. Foram também retiradas amostras do músculo diafragma para dosagem de glicogênio (Sjorgreen, Nordenskjold, Holmgren & Wollerstron, 1938) e proteínas totais, e tecido adiposo epididimal para pesagem.

Os resultados foram avaliados por análise de variância e teste de Bonferroni, com nível de significância 5%.

RESULTADOS

O peso corporal dos animais ao final do período experimental, bem como o tecido adiposo periepídídimal (TABELA 1), foram significativamente mais elevados entre os treinados que receberam tratamento com a deca-durabolin.

Com relação à glicemia, não encontramos diferenças estatisticamente significativas entre os grupos estudados (FIGURA 1). Por outro lado, o glicogênio do diafragma esteve aumentado nos grupos ST, TN e TT em relação ao SN, com diferenças também entre os treinados tratados e não tratados (FIGURA 2).

As proteínas totais no soro também não diferiram entre os grupos (FIGURA 3). No entanto, com relação às proteínas no diafragma, observou-se um teor mais elevado entre os animais sedentários tratados e treinados tratados ou não com a deca, quando comparados com os sedentários não tratados (FIGURA 4).

TABELA 1 - Peso corporal (g) e tecido adiposo periepídídimal médias e seus respectivos desvios-padrão dos ratos sedentário não tratado (SN), sedentário tratado (ST), treinado não tratado (TN) e treinado tratado com deca-durabolin (TT), sacrificados ao final do período experimental.

GRUPOS	Peso Corporal (g)	Tecido adiposo (g)
SN	325 ± 56	2,5 ± 0,9
ST	379 ± 67	3,5 ± 0,7
TN	374 ± 42	2,5 ± 0,5
TT	439 ± 17 a	5,1 ± 0,4 a,b,c

p < 0,05

a: diferente de SN

b: diferente de ST

c: diferente de TN

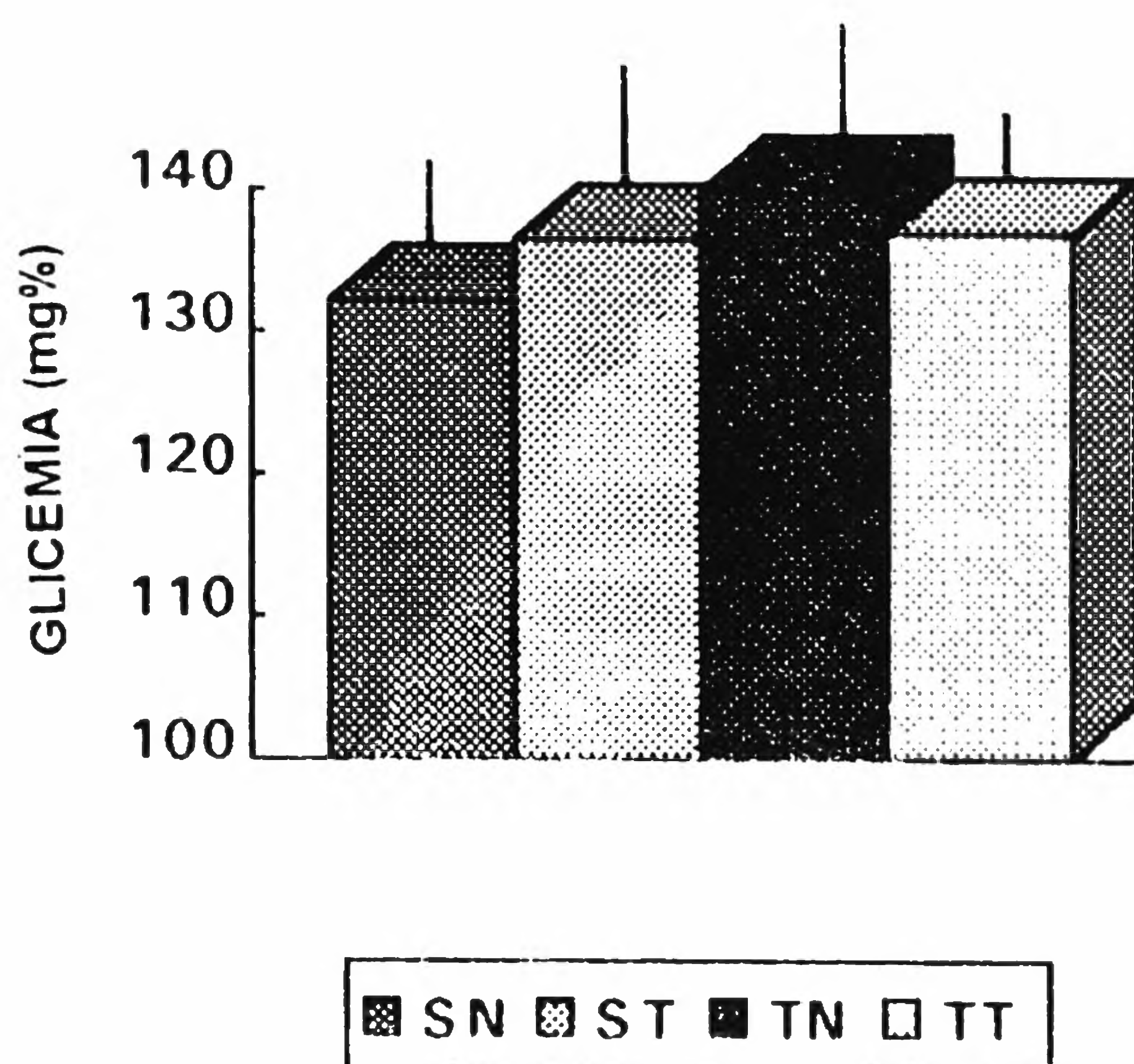


FIGURA 1 - Glicemia média dos ratos dos grupos sedentário não tratado (SN); sedentário tratado com deca-durabolin (ST); treinado não tratado (TN); treinado tratado (TT), ao final do período experimental.

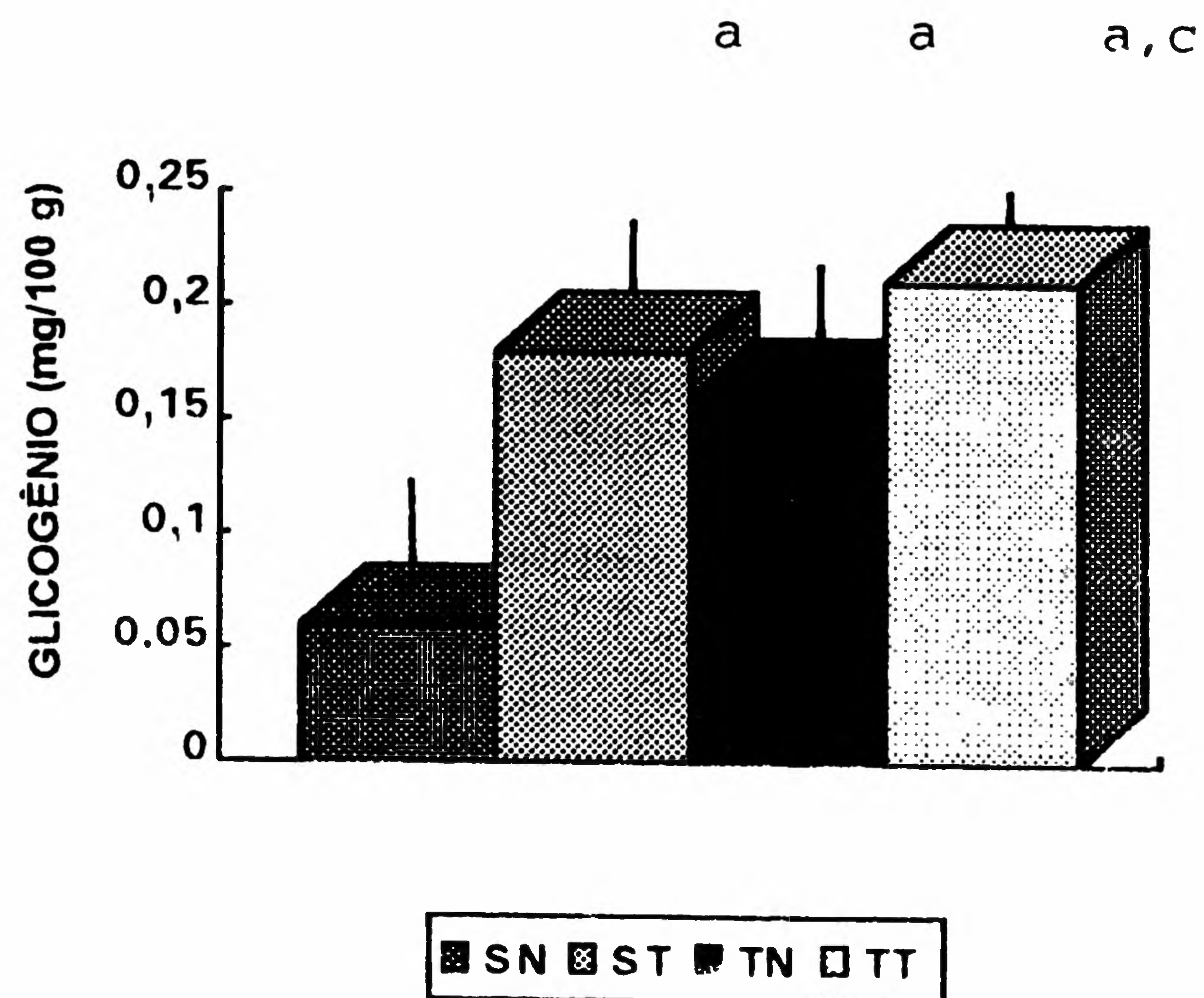


FIGURA 2 - Glicogênio médio no diafragma dos ratos dos grupos sedentário não tratado (SN); sedentário tratado (ST); treinado não tratado (TN); treinado tratado (TT) ao final do período experimental (a: diferente de SN, b: diferente de ST, c: TT diferente de TN).

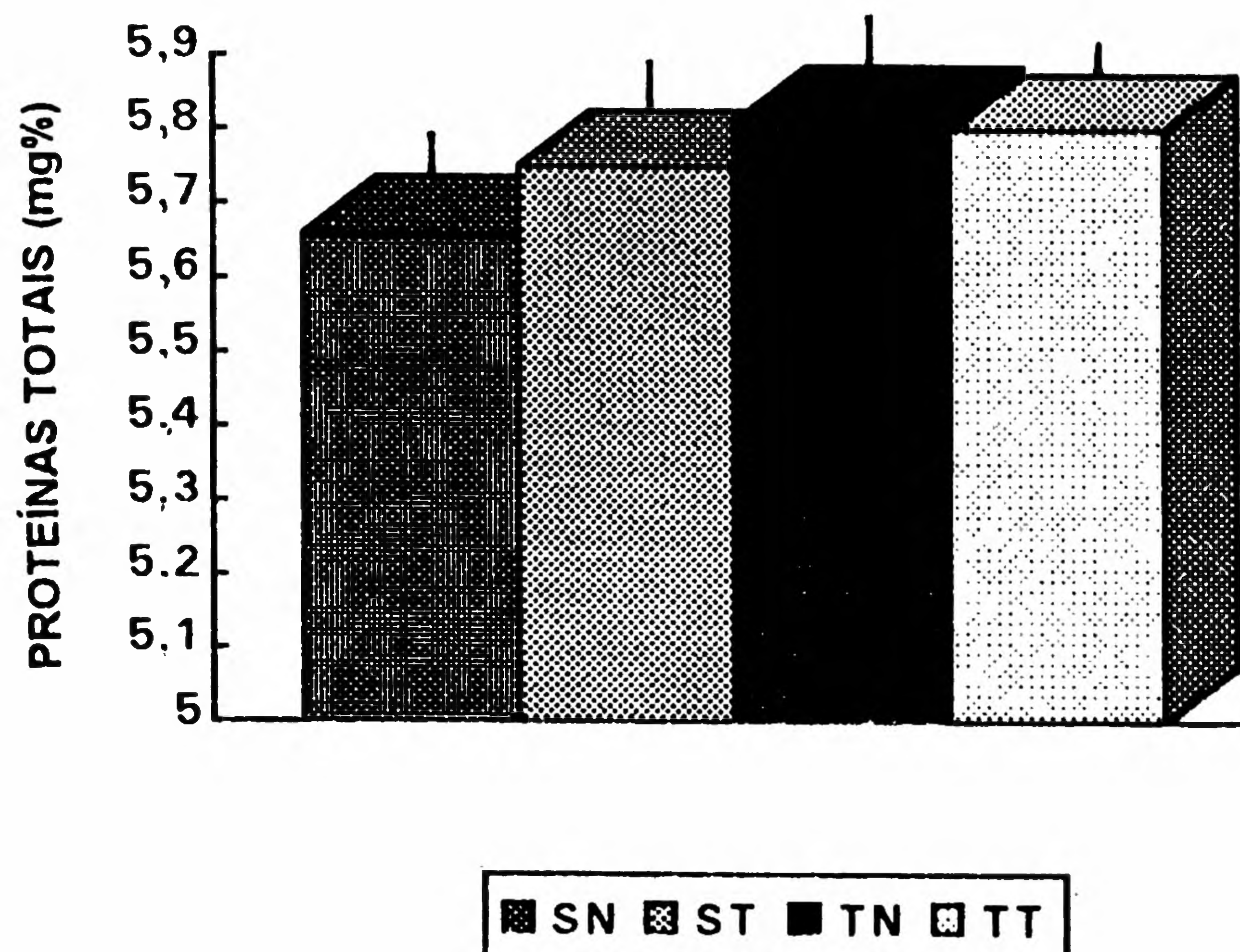


FIGURA 3 - Proteínas totais médias no soro (mg%) dos ratos controles (SN e TN) e experimentais (ST e TT) ao final do período experimental.

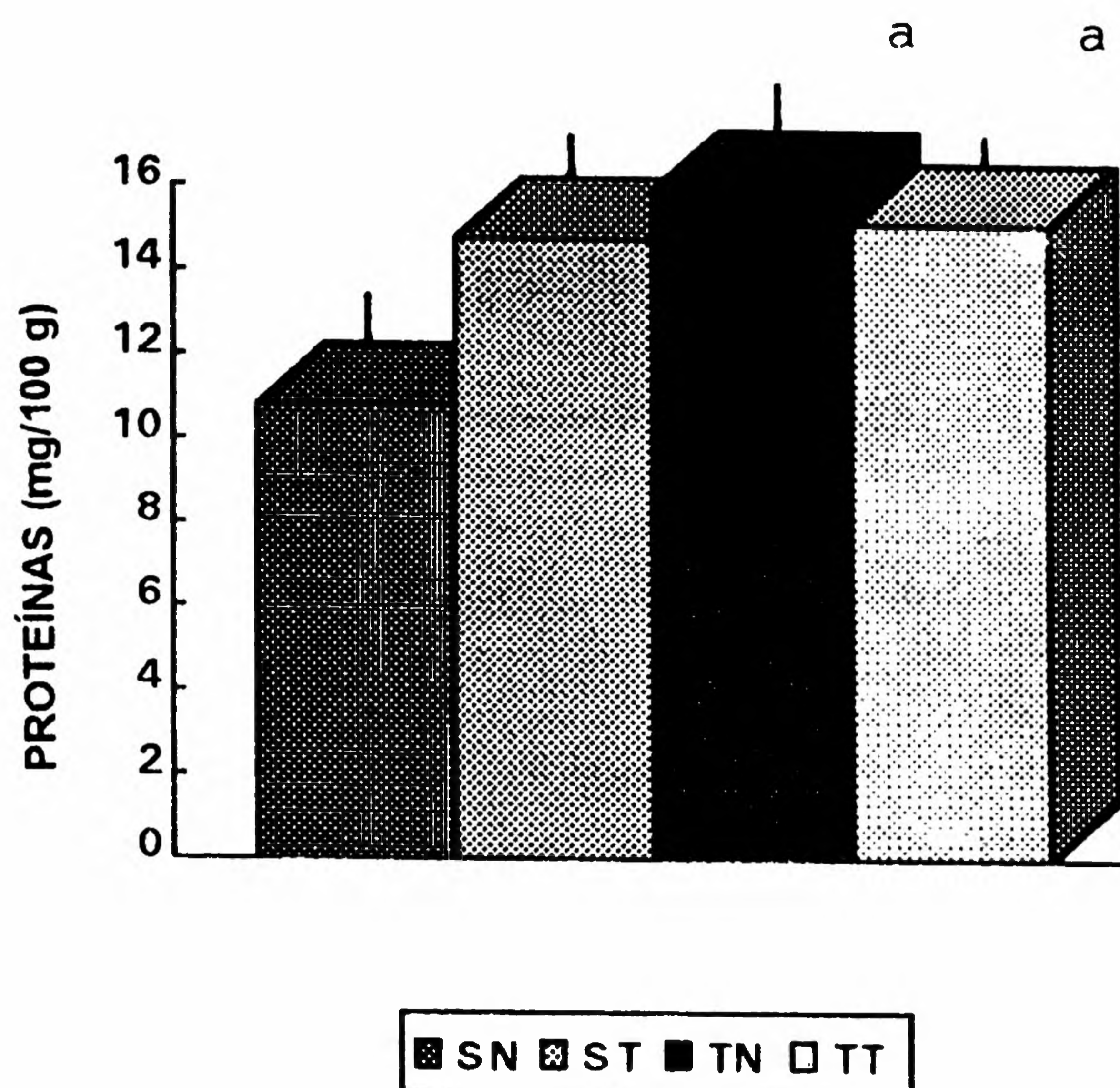


FIGURA 4 - Proteínas médias no diafragma (mg/100 g) dos ratos sedentário não tratado (SN); sedentário tratado (ST); treinado não tratado (TN); treinado tratado (TT) sacrificados aos 30 dias de experimento (a: diferente de SN).

DISCUSSÃO

A utilização de esteróides anabólicos está associada com um aumento da massa muscular, estimulação da síntese protéica e redução no tempo de recuperação em atletas treinados (Boone, Lambert, Flynn, Michaud, Zayas & Andres, 1990; Haupt & Rovere, 1984).

No presente trabalho, verificamos que o peso corporal foi mais elevado entre os ratos treinados tratados com deca-durabolin. É importante observar, no entanto, que o peso do tecido adiposo do epidídimo também foi maior neste grupo. Assim, é possível que os valores de ganho ponderal encontrados estejam relacionados com as reservas de gordura armazenadas.

Os resultados relativos ao metabolismo dos carboidratos (FIGURAS 1 e 2) não evidenciaram diferenças na glicose sérica entre os grupos controles e experimentais.

A concentração de glicogênio no diafragma (FIGURA 2) foi aumentada tanto pelo tratamento com a deca como pelo treinamento físico, sendo ainda maior quando da associação de ambos. De acordo com a literatura, os esteróides anabólicos possuem elevada afinidade pelos receptores dos glicocorticóides (Boone et alii, 1990). A supressão da ação dos glicocorticóides pelo esteróide poderia inibir a ação catabólica desses hormônios, favorecendo a poupança do glicogênio nesse músculo. Por outro lado, o exercício realizado cronicamente, aumenta as reservas deste carboidrato por inibir a fosforilase e estimular a glicogênio sintetase, o que poderia justificar os resultados obtidos para os grupos treinados.

A associação dos efeitos da droga e do exercício aumentou ainda mais essas reservas. Segundo Boone et alii (1990), a administração dos esteróides anabólicos em dosagens superiores às terapêuticas pode alterar a resposta do cortisol ao exercício. Um possível mecanismo pode ser mediado através da supressão da resposta do ACTH pelo fato do esteróide competir com o cortisol ao nível dos receptores hipofisários. Rozenek, Rahe, Kohl, Marple, Wilson & Stone (1990), trabalhando com atletas que utilizavam esteróides, não encontraram diferenças significativas no ACTH e cortisol em resposta ao exercício agudo. Em estudos anteriores, não verificamos diferenças nos pesos relativos das adrenais entre ratos sedentários e treinados tratados com a deca em concentrações clínicas, indicando que nessas condições não ocorre ativação drástica do eixo hipotálamo-hipófise-adrenais (Peres & Luciano, 1994).

Os resultados relativos às proteínas totais no diafragma (FIGURA 4) confirmaram o efeito anticatabólico da droga, bem como, do exercício físico. O fato de não haver diferença entre os grupos para os níveis séricos de proteínas totais (FIGURA 3), sugere que o organismo está mantendo a sua homeostasia, principalmente quanto à síntese hepática das proteínas plasmáticas. É importante ainda salientar que o esteróide não potencializou o efeito do exercício crônico sobre as proteínas musculares. Estudos com animais sugerem que esteróides anabolizantes podem aumentar o crescimento das fibras musculares esqueléticas mais acentuadamente do que o treinamento físico (Egginton, 1987). No entanto, Kuipers, Binkhorst, Hartgens, Wijnen & Keizer (1993), trabalhando com biópsia em humanos que usaram seis vezes a dosagem terapêutica de decanoato de nandrolona, não encontraram aumento na área das fibras musculares, densidade capilar ou ultra estrutura capilar em relação aos treinados que receberam placebo.

Concluimos que o tratamento com decanoato de nandrolona associado à atividade física de natação, com carga de 5% do peso corporal, aumenta as reservas de glicogênio no diafragma em ratos Wistar.

As interações resultantes do treinamento físico e do esteróide anabolizante sobre o metabolismo de carboidratos representam adaptações importantes ao organismo, principalmente pela possibilidade de mobilização durante exercícios intensos e/ou prolongados. Esses aspectos são relevantes do ponto de vista prático, não apenas em função dos efeitos benéficos da atividade física regular, mas em especial pela ação desse anabolizante amplamente utilizado pela população.

ABSTRACT

INFLUENCE OF ANABOLIC STEROID (DECA-DURABOLIN) ON METABOLISM IN RATS SUBMITTED TO PHYSICAL TRAINING

Anabolic steroids have been reported to increase muscle mass and to result in a positive nitrogen balance. On the other hand, several studies suggested that physical training improved carbohydrate anabolism and enhanced protein synthesis. The purpose of this investigation was to study the influence of nandrolone decanoate on metabolism in rats submitted to physical training. The rats were divided into SN (sedentary non treated); ST (sedentary treated); TN (trained non treated) and TT (trained treated). The rats received two injections a week of nandrolone decanoate (1 mg/kg b.w.). Exercise-trained animals were submitted to a program of swimming with load of 5% b.w., five days/week, 1h/day for six weeks. The rats were sacrificed and blood samples were collected. Neither group exhibited a significant change on glucose and protein levels in the blood. TT group had a significant increase in body weight and epididimal adipose tissue. The glycogen and protein in diaphragm muscles were significant increased in ST, TN and TT groups. In conclusion, the anabolic steroids and physical training had influence on metabolism in Wistar rats.

UNITERMS: Anabolic steroids; Physical training; Metabolism; Glycogen; Protein.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMI, S.; ROSSINI, M. Anabolic steroids in corticosteroid-induced osteoporosis. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, v.143, n.14, p.395-7, 1993.
- BOONE, J.B.; LAMBERT, C.P.; FLYNN, M.G.; MICHAUD, T.J.; ZAYAS, J.A.R.; ANDRES, F.F. Resistance exercise effects on plasma cortisol, testosterone and creatine kinase activity in anabolic-androgenic steroid users. *International Journal of Sports Medicine*, v.11, n.4, p.293-7, 1990.
- EGGINTON, S. Effects of anabolic hormone on striated muscle growth and performance. *European Journal of Physiology*, v.410, p.349-55, 1987.
- GOLDBERG, A. Influence of insulin and contractile activity on muscle size and protein balance. *Diabetes*, v.28, p.18-24, 1979. Supplement 1.
- HAUPT, H.A.; ROVERE, G.D. Anabolic steroids: a review of the literature. *American Journal of Sports Medicine*, v.12, n.6, p.469-84, 1984.

- JOHNSON, W.O. Steroids: a problem of huge dimensions. **Sports Illustrated**, v.5, n.13, p.38-54, 1985.
- KINBALL, S.R.; VARY, T.C.; JEFFERSON, L.S. Regulation of protein synthesis by insulin. **Annual Review of Physiology**, v.56, p.321-48, 1994.
- KOCHAKIAN, C.D. Anabolic-androgenic steroids: a historical perspective and definition. In: YESALIS, C.E. **Anabolic steroids in sport and exercise**. Champaign, IL, Human Kinetics, 1993. p.1-33.
- KUIPERS, H.; BINKHORST, F.M.P.; HARTGENS, F.; WIJNEN, J.A.G.; KEIZER, H.A. Muscle ultrastructure after strength training with placebo or anabolic steroid. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.18, n.2, p.189-96, 1993.
- LUCIANO, E. **Influências do treinamento físico sobre o metabolismo de carboidratos em ratos diabéticos experimentais**. São Paulo, 1991. 108p. Tese (Doutorado) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo.
- PERES, E.B.; LUCIANO, E. Aspectos metabólicos de ratos submetidos ao exercício físico regular tratados com deca-durabolin. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP. Rio Claro, 1994. **Anais**. Rio Claro, UNESP, 1994. p.213.
- ROZENEK, R.; RAHE, C.H.; KOHL, H.H.; MARPLE, D.N.; WILSON, G.D.; STONE, P.M.H. Physiological responses to resistance-exercise in athletes self-administering anabolic steroids. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.30, n.4, p.354-60, 1990.
- SJORGREEN, B.; NORDENSKJOLD, T.; HOLMGREN, H.; WOLLERSTRON, J. Beitrag zur kenntnis des lebensrhythmus. **Pflugers Archives fur die Gesamte Physiologie des Menschen un der Tiere**, p.240-7, 1938.
- WALLBERG-HENRIKSSON, H. Exercise and diabetes mellitus. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.20, p.339-68, 1992.
- YESALIS, C.E. **Anabolic steroids in sport and exercise**. Champaign, IL, Human Kinetics, 1993. 325p.

Recebido em: 13 set. 1995
Revisado em: 07 dez. 1995
Aceito em: 13 dez. 1995

Os autores agradecem aos Srs. José Roberto Rodrigues da Silva, Eduardo Custódio e Clarice Yoshiko Sibuya pelo excelente apoio técnico.

ENDEREÇO: Eliete Luciano
Depto de Educação Física IB UNESP
Av. 24A, no. 1515 - Caixa Postal 199
13506-900 Rio Claro - SP - BRASIL

TALENTO ESPORTIVO II: DETERMINAÇÃO DE TALENTOS ESPORTIVOS

Maria Tereza Silveira BÖHME*

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo apresentar os aspectos teóricos/práticos referentes à determinação de talento esportivo. Para isso, a partir das definições de determinação, detecção, seleção e promoção de talento esportivo, foram descritos os aspectos a serem considerados na determinação de talento esportivo, respectivamente, o problema dos critérios de desempenho esportivo e o problema do prognóstico de desempenho do talento esportivo.

UNITERMOS: Talento esportivo; Determinação; Prognóstico.

INTRODUÇÃO

Nas Ciências do Esporte, na área de esportes de alto nível (ou desporto de rendimento), tanto na prática como na teoria em relação ao tema "Talento esportivo" "T.E." existem quatro problemas/termos distintos, porém intimamente interligados e dependentes, os quais precisam ser considerados, a saber: Determinação, Busca/Detecção/Procura, Seleção e Promoção de T.E..

Os profissionais de Esportes e de Educação Física que atuam na área de treinamento de esporte de rendimento (e de alto nível), seja em pesquisa ou na prática esportiva, devem possuir conhecimento teórico desta terminologia, e os problemas concernentes à mesma.

Este trabalho é o segundo de uma série de artigos sobre o tema, que têm por finalidade apresentar os aspectos teóricos/práticos referentes a determinação, busca, seleção e promoção de T.E.. A partir das definições da terminologia utilizada na área, são discutidos os problemas referentes à determinação de T.E..

DEFINIÇÃO DE TERMOS UTILIZADOS NA ÁREA

Determinação de T.E.

A determinação de T.E. baseia-se nas evidências abstratas e discussões teóricas que resultam na descrição e identificação de possíveis condições e características que possam identificar, caracterizar as pessoas como T.E. dentro da população (Gabler & Ruoff, 1979).

Detecção - Busca - Procura de T.E.

São termos sinônimos usados na denominação dada a todas as medidas e meios utilizados com o objetivo de encontrar, detectar um número suficientemente grande de pessoas - em regra crianças e

* Universidade Federal de Viçosa.

adolescentes - as quais estão dispostas e prontas para a admissão em um programa de formação esportiva geral básica (Carl, 1988; Gabler & Ruoff, 1979; Weineck, 1990, 1992).

A detecção de T.E. é feita através de procedimentos de pesquisas e estratégias organizadas por diferentes instituições, em diferentes planos da população, por exemplo, na área escolar ou entidades esportivas (clubes, centros educacionais, etc.).

Seleção de T.E.

É a denominação dos meios utilizados para a determinação dos indivíduos que têm condições em determinado momento e período, de serem admitidos/aceitos em níveis mais elevados de treinamento a longo prazo em determinada modalidade esportiva, o qual objetiva um desempenho esportivo de alto nível (Carl, 1988; Gabler & Ruoff, 1979; Weineck, 1990, 1992).

Promoção de T.E.

Refere-se às medidas objetivas para o desenvolvimento de capacidades e habilidades esportivas em jovens talentosos para o esporte. É a utilização dos procedimentos de treinamento e outras medidas que levam os talentos esportivos a atingirem o seu desempenho esportivo ótimo, ideal, a longo prazo, de acordo com a modalidade esportiva considerada (Beyer, 1987; Gabler & Ruoff, 1979; Röthig, 1983 citado por Weineck, 1990, 1992).

ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS NA DETERMINAÇÃO DE T.E.

Como descrito anteriormente, a determinação de T.E. baseia-se nas evidências abstratas e discussões teóricas que resultam na descrição e identificação de possíveis condições e características que possam identificar, caracterizar as pessoas como T.E. dentro da população (Gabler & Ruoff, 1979).

Na conceituação de Gabler & Ruoff (1979):

Talento esportivo, no sentido amplo do termo, é a denominação dada a uma pessoa, que em determinada fase de desenvolvimento (...) mostra determinados pressupostos com condições corporais e psicológicas, as quais com grande probabilidade podem levar posteriormente a um alto desempenho esportivo.

A detecção, seleção, e, conseqüentemente a promoção de T.E., estão fundamentadas em como é realizada a determinação de T.E., tanto no início (detecção/seleção), como no decorrer do treinamento a longo prazo (seleção), estando assim as quatro ações inter-relacionadas, sendo conseqüentemente, dependentes uma das outras.

Para determinar-se as condições corporais e psíquicas peculiares de indivíduos talentosos na área esportiva, dois problemas precisam ser considerados (Baur, 1988; Gabler & Ruoff, 1979): primeiro, o **problema dos critérios de desempenho**, e em segundo, o **problema do prognóstico de desempenho**, sobre os quais discutiremos alguns aspectos a seguir.

O problema dos critérios de desempenho

Refere-se a identificação de cada característica de desempenho que o atleta deve possuir, que o levará a um alto desempenho no esporte considerado; são os **critérios de desempenho** que devem ser considerados no **diagnóstico da aptidão**, segundo Hoffman (1990) e Senf (1990), ou, na **determinação da aptidão**, de acordo com Weineck (1990, 1992).

Ainda não existe, até o momento, conhecimento certo e detalhado de quais características físicas e psicológicas, em qual extensão e em qual combinação as mesmas são relevantes para o desempenho esportivo nas diferentes modalidades esportivas (Baur, 1988).

De acordo com Gabler & Ruoff (1979) tais condições e características que o indivíduo deve possuir para ser considerado como talento esportivo ainda estão por ser devidamente verificadas, determinadas e operacionalizadas através da pesquisa empírica nas Ciências do Esporte. Na literatura mais

recente sobre o tema, são encontrados diferentes trabalhos, que procuraram estudar aspectos distintos do problema (Baur, Seibel & Gloger, 1990; Hofmann, 1990; Janke, 1990; Joch & Söde, 1991; Senf, 1990; Voß & Werthner, 1994).

Segundo Weineck (1992), um pré-requisito fundamental e necessário no processo de determinação, detecção, seleção e promoção de T.E., é a **preparação de um catálogo com o perfil das características específicas de cada modalidade esportiva**, que tenha fundamentação científica. Na teoria e na prática esportiva são discutidas e descritas as características gerais de cada modalidade, porém não existe até o momento um perfil científico exato de cada esporte. O mesmo autor afirma também, que "a existência de um catálogo perfeito não resolveria automaticamente o problema da compreensão destas características ou da complexidade destas características"

Os seguintes grupos de fatores podem ser distinguidos, os quais exercem influência sobre o T.E. (Hahn, 1982 citado por Weineck 1990, 1992):

- **Condições Antropométricas** como estatura, peso, composição corporal, proporções corporais, posição do centro de gravidade do corpo;

- **Características Físicas** como resistência aeróbica e anaeróbica, força estática e dinâmica, velocidade de reação e de ação, mobilidade, entre outras;

- **Condições Tecnomotoras** em relação à capacidade de equilíbrio, sensação de espaço, distância e velocidade, sensação de bola, água e neve, expressividade, musicalidade e habilidades rítmicas;

- **Capacidade Aprendizagem** como compreensão, capacidade de observar e analisar;

- **Prontidão para o Desempenho** como disposição para o esforço, persistência, aplicação no treinamento, tolerância à frustração;

- **Capacidades Cognitivas** como concentração, inteligência motora (por exemplo, inteligência de jogos), criatividade, capacidade tática;

- **Fatores Afetivos** como estabilidade psicológica, disposição para competir, poder de dominar o estresse;

- **Fatores Sociais** como assumir papéis, capacidade de integrar, capacidade de cooperar, etc.

De acordo com Gabler & Ruoff (1979), em um questionário a respeito da determinação de T.E., respondido por 76 treinadores de nível nacional da Alemanha (representantes de 30 modalidades esportivas diferentes), foram citados os seguintes fatores como "muito significante" para todos os esportes: a prontidão para o desempenho, os fatores afetivos, e a capacidade de aprendizagem; os fatores antropométricos/constitucionais, físicos e tecnomotores, têm diferentes significados, de acordo com o esporte considerado.

As características a serem consideradas na determinação de um T.E. são portanto complexas, pois englobam e dependem de diferentes **fatores constitucionais, sociais, físicos e psicológicos e, da dependência da capacidade de desempenho da idade biológica**, os quais devem ser levados em consideração como **critérios de desempenho no diagnóstico ou determinação da aptidão do indivíduo a ser avaliado como provável T.E.** (Weineck, 1992).

As características de ordens constitucionais e sociais são mais fáceis de serem mensuradas, através de medidas e questionamentos, apesar de que os fatores da área social possam modificar-se rapidamente, como por exemplo, o bom desempenho escolar, entre outros (Adolph, 1979 citado por Weineck 1990, 1992).

O estabelecimento das características físicas e psíquicas é sensivelmente mais difícil, pois depende da utilização de testes e de baterias de testes mais abrangentes, de custo e tempo de aplicação mais elevados; esses fatores dificultam a utilização destes procedimentos de avaliação, ou até, a impossibilitam (Weineck, 1990, 1992).

A dependência da capacidade de desempenho da idade biológica está relacionada com o fato de que, a avaliação objetiva de determinados fatores de desempenho através de testes motores, não é uma garantia para um prognóstico correto, pois os resultados dos testes representam mais a condição atual do momento em que os mesmos foram realizados do que as possibilidades potenciais de desenvolvimento do jovem atleta.

Assim sendo, pelos resultados obtidos, normalmente os adolescentes de desenvolvimento acelerado (precoce), são escolhidos em detrimento dos de desenvolvimento retardado (tardio) (Gimbel, 1976 citado por Weineck, 1990).

A FIGURA 1 mostra resultados de jovens atletas em diferentes estágios de desenvolvimento biológico (com mesmas idades cronológicas), os quais apresentam em diferentes momentos de medição diferentes capacidades de desempenho, de acordo com o fato de serem considerados como de desenvolvimento biológico acelerado, normal ou retardado.

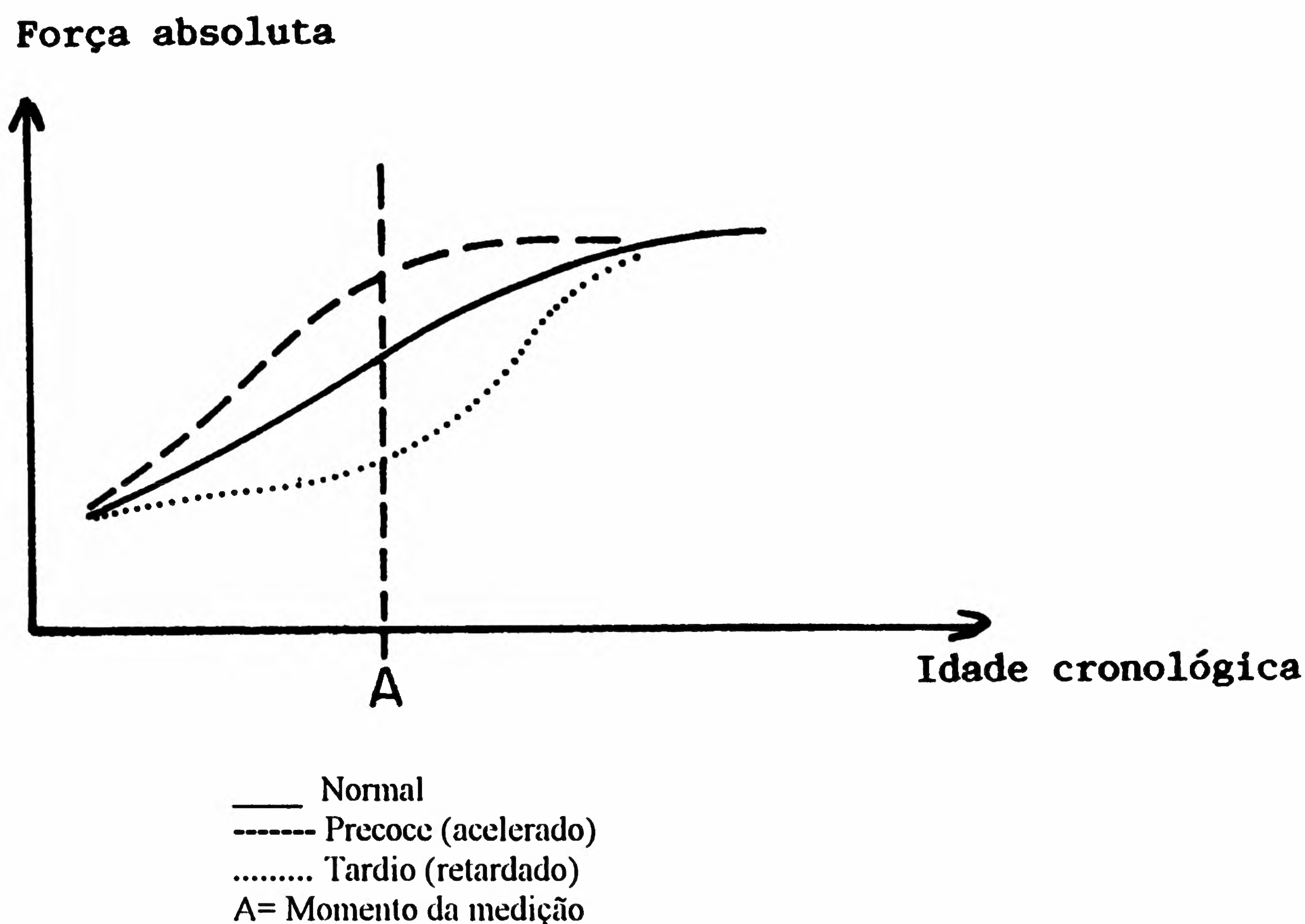


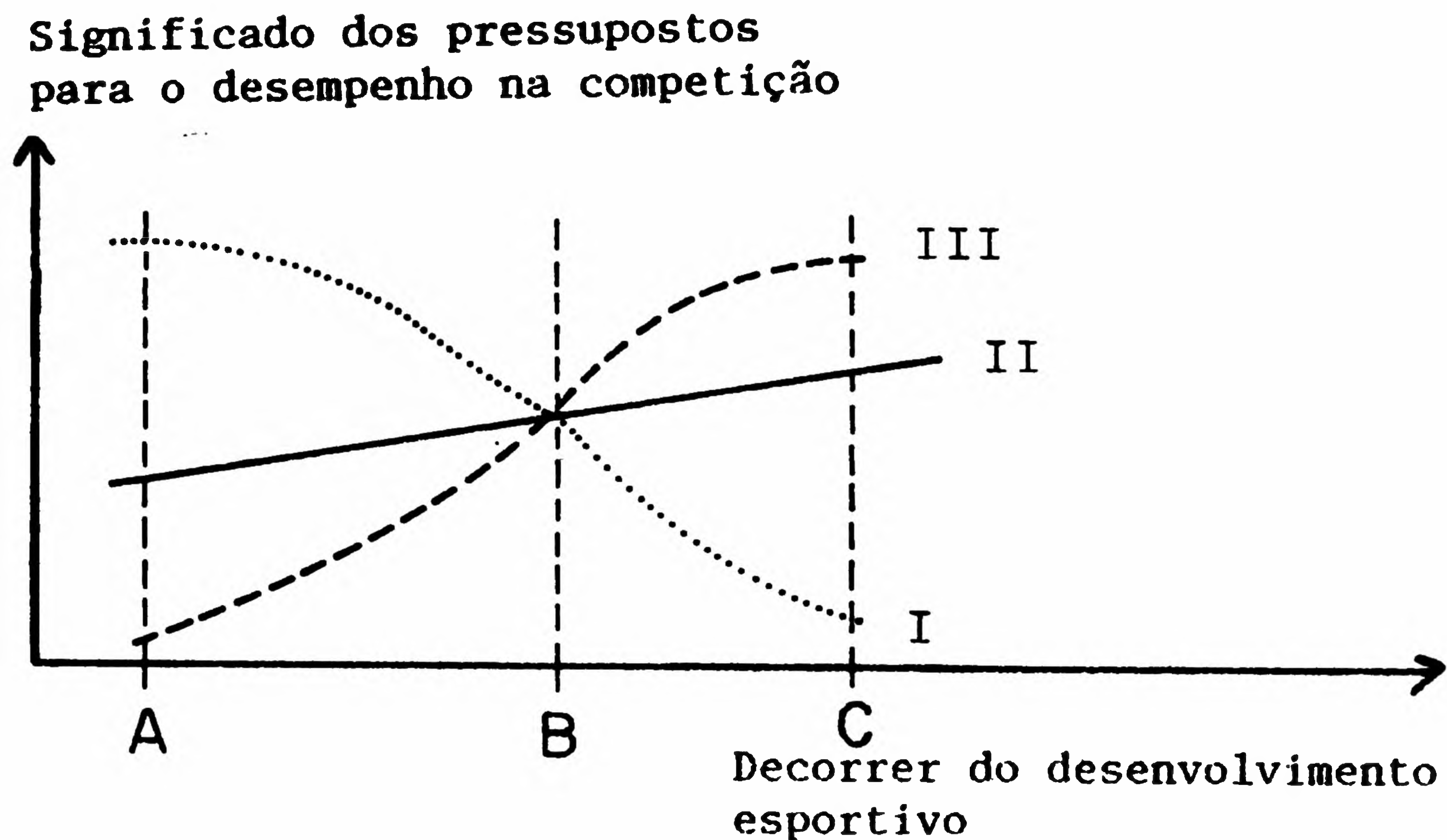
FIGURA 1 - Dependência da capacidade de desempenho esportivo da idade biológica (adaptada de Hoffman & Schneider, 1985 citado por Weineck, 1990).

De acordo com Hoffmann & Schneider (1985) citado por Weineck (1990), a **aptidão** do ser humano demonstrada em determinado momento não é estabelecida desde o seu nascimento; desenvolve-se fundamentada e condicionada em predisposições anatomo-fisiológicas, através das atividades realizadas (e pode ser reconhecida através destas atividades) no processo de desenvolvimento do indivíduo. A avaliação da aptidão relaciona-se com atividades específicas e com várias capacidades, habilidades, conhecimentos, aspectos emotivos e interesses. Assim sendo, o **diagnóstico e a determinação da aptidão** compreende um resumo de muitas avaliações individuais dos diferentes aspectos considerados (constitucionais, sociais, físicos e psicológicos). A variabilidade destas avaliações individuais faz com que a avaliação global da aptidão torne-se freqüentemente difícil.

Os **critérios de desempenho utilizados no diagnóstico e na determinação da aptidão** dependem da estrutura do desempenho esportivo de alto nível almejado, e devem ser, portanto, fundamentados nesta estrutura.

No início da atividade esportiva a avaliação da aptidão é determinada por muitas características; com o progresso e a respectiva especialização no treinamento a longo prazo, as exigências de aptidão tornam-se cada vez mais específicas, sendo dirigida essencialmente para os parâmetros de desempenho da modalidade esportiva específica.

Exemplificando, a FIGURA 2 mostra o significado de diferentes pressupostos (condição técnica e tática) em diferentes momentos de avaliação da aptidão em um treinamento a longo prazo (Hoffman & Schneider, 1985 citado por Weineck, 1992).



Pressupostos de desempenho esportivo, por exemplo:

I = condição

II = técnica

III = tática

A, B, C - Diferentes momentos da avaliação de desempenho para a decisão da seleção de T.E.

FIGURA 2 - Modificações estruturais da capacidade de desempenho esportivo no decorrer do processo de treinamento a longo prazo (adaptada de Hoffman & Schneider, 1985 citado por Weineck, 1992).

De modo geral, as condições pessoais internas diretas e indiretas, assim como as condições limitantes e as para a formação e treinamento esportivos propostas por Carl (1988) citado por Böhm (1994), são apresentadas como possíveis critérios para a determinação de T.E.

O problema do prognóstico de desempenho do T.E.

Um dos meios pelos quais procura-se fazer uma detecção de T.E. mais segura, é através do **prognóstico de desempenho do talento esportivo**, que é a previsão fundamentada do mais alto sucesso individual possível de ser alcançado em uma modalidade esportiva (Carl, 1988). Baseia-se em fatos do passado ou do presente do atleta em relação a:

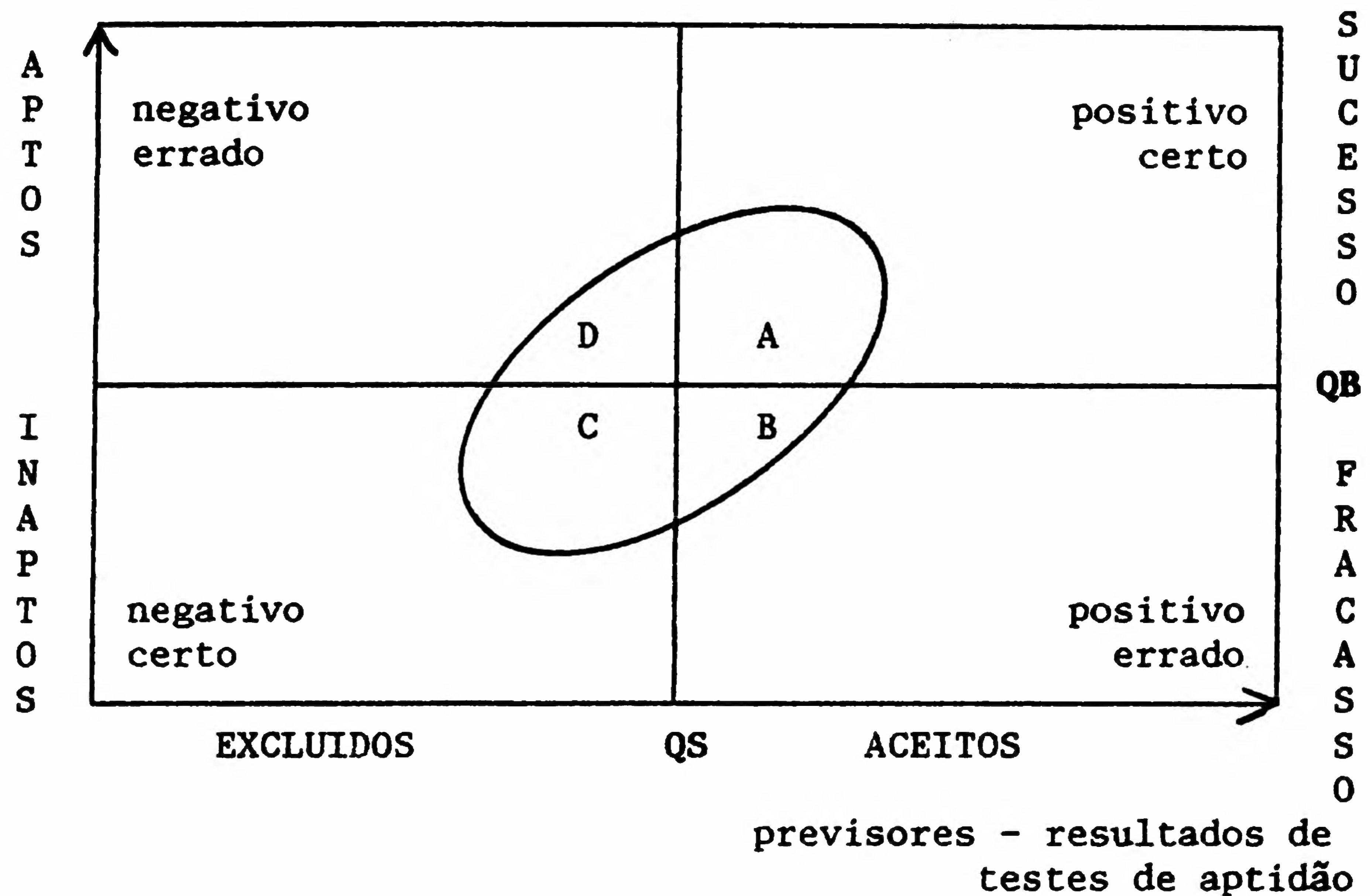
conhecimentos gerais sobre os diferentes aspectos do desenvolvimento do ser humano (bio-psico-social):

- dados sobre o desenvolvimento individual do atleta cuja mais alta capacidade de desempenho deve ser prevista.

Em termos gerais, no prognóstico de um talento esportivo as condições pessoais e limitantes de desempenho e sucesso esportivo devem ser levadas em consideração como possíveis critérios de determinação de T.E. (Carl, 1988 citado por Böhme, 1994).

No prognóstico da capacidade de alto desempenho a ser alcançada, devem ser considerados os riscos de erro de prognóstico de talentos, que resulta na incerteza da previsão de T.E. à serem promovidos.

**Aptidão
(Critérios)**



QB = quota básica hipotética de T.E. potenciais na população.

QS = quota selecionada hipotética de T.E. potenciais para um programa de promoção esportiva.

FIGURA 3 - Riscos de erros do prognóstico de T.E. segundo Baur (1988) e Senf (1990).

De acordo com a FIGURA 3, descrita por Baur (1988) e Senf (1990), a forma oval da figura representa a correlação existente entre os valores de testes (previsores) e os critérios adotados na determinação da aptidão. De modo ideal, os coeficientes de correlação próximos ao valor da unidade ($r = 1,0$), estão localizados próximos à uma reta, que levam aos resultados de "prognósticos certos", nos setores A e C, ao passo que os setores D e B levam aos "prognósticos errados"

Na dependência da quota básica hipotética de talentos potenciais na população (QB), e da quota selecionada hipotética de T.E. potenciais (QS), a validade do prognóstico feito deve contar com diferentes riscos de erros:

No **campo D**, encontram-se os "negativos errados" ou seja, dos indivíduos que por apresentarem baixos resultados nos testes, são excluídos do programa de promoção de T.E. - apesar de serem aptos e terem possibilidade futura de sucesso; é a chamada "decisão falsa" ou "prognóstico errado"

No **campo B** encontram-se os "positivos errados" os quais por apresentarem altos resultados, são incluídos no programa de promoção de T.E., apesar de serem inaptos e fracassarem no futuro; é a denominada "decisão falsa" ou "prognóstico errado".

Nos **campos A e C** encontram-se os "positivos certos" e os "negativos certos" respectivamente os dos talentosos com prognóstico positivo certo - com resultados altos nos testes e de aptidão elevada, incluídos portanto no programa - e, os dos não talentosos, com prognóstico negativo certo - com resultados baixos nos testes e considerados inaptos, excluídos portanto do programa; são as denominadas "decisões corretas".

A **previsão de T.E.**, através das características de desempenho, deve ser feita em um momento etário do indivíduo, no qual a sua forma de manifestação definitiva ainda não foi alcançada; portanto, as características escolhidas e utilizadas em **termos prognósticos devem ser úteis**.

As características prognosticamente úteis são aquelas as quais no momento da determinação de talentos em geral já estão presentes, podem ser mensuradas e possuem uma **estabilidade de desenvolvimento**, ou seja, têm uma boa correlação com o seu valor definitivo no momento futuro de melhor desempenho do T.E. considerado (Baur, 1988).

De acordo com Weineck (1990, 1992) o principal problema da **determinação de talentos fundamenta-se em encontrar/determinar parâmetros (critérios) que possibilitem um prognóstico prematuro e seguro da capacidade de desempenho esportivo posterior**.

TIPOS DE PESQUISAS UTILIZADAS NO PROGNÓSTICO DE T.E.

A base da pesquisa em prognóstico de T.E. origina-se da pesquisa na área comportamental e do desenvolvimento, que procura verificar as influências de fatores hereditários e do meio ambiente na(s) característica(s) estudada(s). O conhecimento originário deste campo de pesquisa referente ao desenvolvimento do desempenho esportivo apresenta muitas lacunas; os resultados existentes não são relevantes ou divergem consideravelmente (Carl, 1988).

De acordo com Zaciorsky (1974) citado por Carl (1988), existem dois procedimentos para a verificação da aptidão de uma característica como critério do prognóstico de T.E.: **estudos da influência de fatores hereditários**, realizados principalmente pela comparação entre gêmeos univitelinos, e, **estudos da estabilidade** de uma característica individual, os quais procuram analisar o quanto determinada característica se modifica dentro de um grupo num intervalo de tempo entre duas medições: os denominados "coeficientes de estabilidade" (ou coeficientes correlação) são assim determinados.

De acordo com Baur (1988), as características antropométricas apresentam um desenvolvimento estável relativo, que podem servir como características úteis no prognóstico de T.E. em diversas modalidades esportivas. No entanto, elas representam um pressuposto importante, mas não suficientes para o desempenho de alto nível, porque estão em combinação com outras características físico-psico e motoras.

A estatura é uma das medidas antropométricas que pode ser prevista com uma boa margem de acerto, pois apresenta um coeficiente de correlação (estabilidade) entre o início da idade pré-escolar até o final da adolescência entre $r = 0,6$ e $r = 0,9$, com tendência de aumentar o seu valor com o decorrer da idade (Gaisl, 1977, 1980, 1981 e Zaciorsky et alii, 1974 citados por Baur, 1988). Diferentes métodos para o prognóstico da estatura são encontrados na literatura (Weineck, 1992).

Por outro lado, outras características de constituição corporal, como por exemplo, proporções corporais, peso e composição corporal são pouco previsíveis.

Em relação à estabilidade de desenvolvimento das capacidades condicionantes e coordenativas, existem poucos trabalhos de pesquisa. Ulbrich (1974) citado por Baur (1988) e Weineck (1992) encontrou uma boa correlação em um estudo longitudinal para alguns indicadores cardiopulmonares em adolescentes de 11 a 18 anos ($r = 0,6$). Quanto às capacidades coordenativas, não são encontrados dados (Baur, 1988).

Quanto ao prognóstico de características psicológicas, muito pouco se conhece. Gabler (1981) citado por Baur (1988), verificou que em atletas de alto nível, com longa carreira de sucesso esportivo, existe uma alta motivação de desempenho com certeza de sucesso, um nível de pretensão médio e uma alta responsabilidade.

De acordo com Carl (1988), no início do treinamento a longo prazo (no mínimo de seis a dez anos), é possível prever, em regra, somente de maneira muito grosseira o desenvolvimento da capacidade de desempenho esportivo; o mesmo ocorre com o progresso do desenvolvimento individual e após alguns anos de treinamento específico do esporte. Ainda segundo este autor, o prognóstico do nível de desempenho de um atleta só é possível alguns anos após o treinamento.

Na prática, dois tipos de prognóstico de T.E. são diferenciados: com base no julgamento de "Experts" (subjetivo), e com base em pesquisas empírico-analíticas (objetivo).

Na atualidade, de modo geral:

os pressupostos para um prognóstico científico de talento esportivo são preenchidos em pequena parte;

de acordo com o estado atual de pesquisa na área, ainda não é possível fazer um prognóstico exato de talento esportivo;

um prognóstico de talentos subjetivo consideravelmente complexo pode ser feito por treinadores, preparadores físicos e equipe técnica multidisciplinar envolvida (“experts”), e, complementado por procedimentos empírico-analíticos objetivos, porém não podem ser substituídos.

Para Carl (1988), dado que um prognóstico a longo prazo é cientificamente impossível de ser feito, sugere-se, estrategicamente, que o prognóstico seja utilizado entre níveis de treinamento diferentes, para verificar se o atleta tem possibilidades de alcançar os objetivos do nível de treinamento subsequente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das definições de determinação, detecção, seleção e promoção de talentos esportivos, foram apresentados os problemas concernentes à determinação de T.E., respectivamente o dos critérios de desempenho, e, o do prognóstico de desempenho de T.E..

Em relação ao problema dos critérios de desempenho esportivo, constatou-se que as características a serem consideradas são complexas, e englobam diferentes fatores de ordem constitucional, social, física e psicológica, e, da dependência da capacidade de desempenho da idade biológica, as quais ainda precisam ser devidamente verificadas, determinadas e operacionalizadas através de pesquisa.

Quanto ao problema do prognóstico de desempenho esportivo de T.E., foram apresentados os riscos de erro de prognóstico de T.E., os tipos de pesquisas realizadas nesta área, e o modo pelo qual é feito o prognóstico de T.E. na atualidade, onde as influências do meio ambiente que atuam sobre o atleta devem ser levadas em consideração. Constatou-se também que existe deficiência de informações científicas baseadas em pesquisa nesta área.

Gabler & Ruoff (1979) apresentaram através de um esquema (FIGURA 4), a representação das variáveis das diversas áreas que interferem no desempenho esportivo de alto nível, as quais nos diferentes momentos de treinamento a longo prazo, têm diferentes significados para o atleta.

Nesta concepção, são levadas em consideração a pessoa (atleta), seguido de seus domínios (bio-psico-social) como componentes centrais, ambos relacionados com o seu meio ambiente imediato (família, escola, amigos, treinamento), e a sociedade em que está inserido, com as suas características culturais.

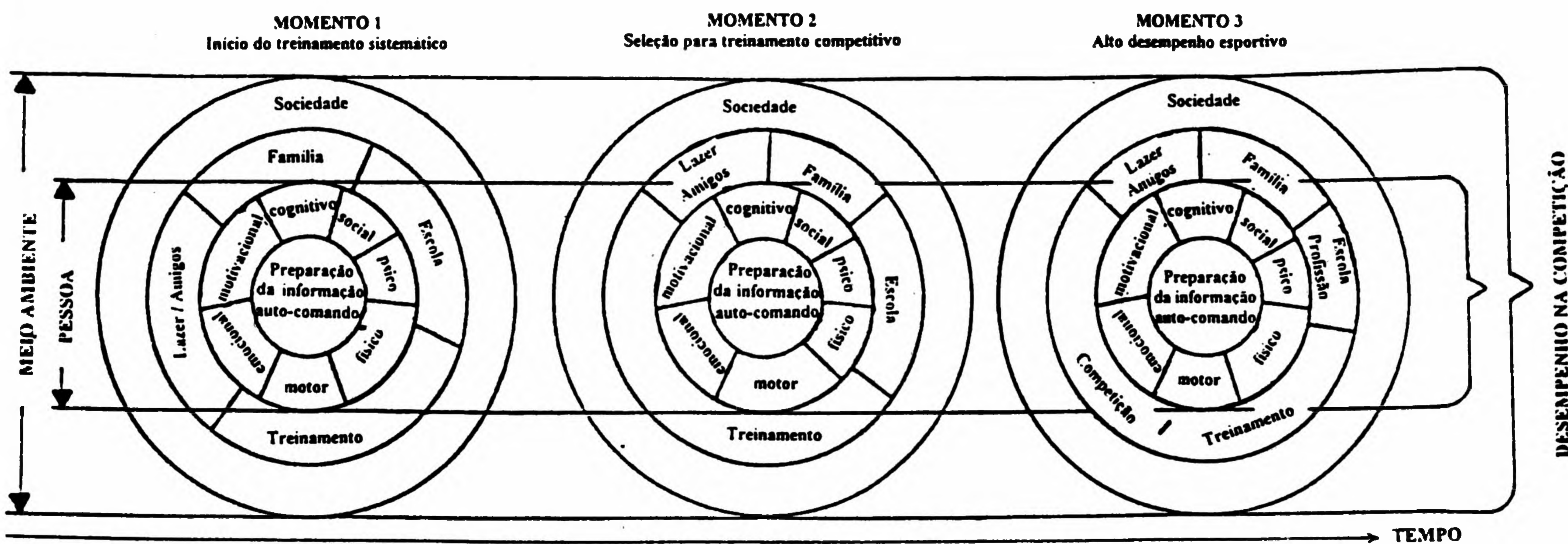


FIGURA 4 - Representação das variáveis do meio ambiente sobre o atleta (adaptada de Gabler & Ruoff, 1979).

Todos estes aspectos, suas inter-relações e a sua(s) influência(s) no desempenho esportivo nas diferentes fases do treinamento esportivo a longo prazo, devem ser levadas em consideração na determinação de um T.E., tanto na prática esportiva, assim como na pesquisa que tenha por objetivo fornecer subsídios científicos para esta importante área das Ciências do Esporte.

ABSTRACT

ATHLETIC TALENTS II: DETERMINATION OF ATHLETIC TALENTS

The purpose of this paper was to present theoretical and practical aspects related to the determination of athletic talent. Based on the concepts of athletic talent's determination, detection, selection and promotion, aspects related to the determination of athletic talent were described, respectively, the problem of performance's criteria and the problem of performance's prognosis.

UNITERMS: Athletic talent; Determination; Prognosis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUR, J. Talentsuche und Talentförderung im Sport. Eine Zwischenbilanz (1. Teil). *Leistungssport*, v.18, n.2, p.5-10, 1988.
- BAUR, J.; SEIBEL, F.; GLOGER, M. Nachwuchstraining im Kanusport. *Leistungssport*, v.20, n.3, p.26-31, 1990.
- BEYER, E., ed. *Wörterbuch der Sportwissenschaft*. Schorndorf, Karl Hoffmann, 1987.
- BÖHME, M.T.S. Talento esportivo I: aspectos teóricos. *Revista Paulista de Educação Física*. v.8, n.2, p.90-100, 1994.
- CARL, K. *Talentsuche, Talentauswahl und Talentförderung*. Schorndorf, Karl Hoffmann, 1988.
- GABLER, H.; RUOFF, B. Zum Problem der Talentbestimmung im Sport. Rahmentheoretische Vorüberlegungen. *Sportwissenschaft*, v.9, n.2, p.164-80, 1979.
- HOFMANN, S. Zu einigen Grundfragen der Eignungsbeurteilung im Sport. *Theorie und Praxis de Körperkultur*, v.39, n.1, p.15-21, 1990.
- JANKE, R. Möglichkeiten der Eignungsdiagnostik für eine differenzierte Bewertung der Leistungsentwicklung bei Nachwuchssportlern. *Theorie und Praxis de Körperkultur*, v.39, n.3, p.173-9, 1990.
- JOCH, W.; SÖDE, A. Leistungsentwicklung und Veränderung der motorischen Binnenstruktur als Kriterien für eine Talentdiagnostik. *Leistungssport*, v.21, n.6, p.25-8, 1991.
- SENF, G. Eignungsdiagnostik-und Normprogramme für die prozeßbegleitende Auswahl im Verlauf des Grundlagentrainings-Grundlagen sportartspezifischer Auswahl. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, v.39, n.1, p.21-6, 1990.
- VOß, G.; WERTHNER, R. Leistungs-und Talentdiagnostik-Konsequenzen aus dem neuen Schnelligkeitstraining. Begründung und Vorstellung eines neuen schnelligkeitsorientierten Talent-Diagnose-Systems. *Leistungssport*, v.24, n.4, p.12-21, 1994.
- WEINECK, J. *Optimales Training*. Erlange, Perimed Fachbuch, 1990.
- _____. *Sportbiologie*. Erlange, Perimed Fachbuch, 1992.

Recebido para publicação em: 10 abr. 1995
 Revisado em: 29 set. 1995
 Aceito em: 04 out. 1995

ENDEREÇO: Maria Tereza Silveira Böhme
 R. Eng. José Salles, 250 Bloco 2 apto. 15
 04776-100 - São Paulo - SP - BRASIL

FUNÇÃO DAS ATIVIDADES MOTORAS VARIADAS PARA O RENDIMENTO FÍSICO: ASPECTOS BIOQUÍMICOS

Benedito PEREIRA

RESUMO

O paradigma adaptacionista das Ciências Biológicas é o que normalmente serve de modelo teórico para explicar as mudanças de rendimento físico obtidas com o treinamento esportivo. Esta afirmação justifica-se pelo fato de a prática esportiva utilizar os princípios da sobrecarga e da especificidade adaptativa para obter esse efeito. Apesar de, a curto prazo, a aplicação destes princípios contribuir para melhorar o desempenho físico, a longo prazo, pode induzir o aparecimento da barreira de rendimento físico apresentada por atletas de alto nível, ou por indivíduos que se exercitam regularmente sem variar a atividade física. Esse problema pode ser exemplificado com a: a) perda progressiva da capacidade de elevar o rendimento físico com o treinamento de velocidade ou b) pela diminuição da capacidade de síntese de mitocôndrias musculares com o treinamento da resistência aeróbia. De acordo com o paradigma da auto-organização, para que o estímulo do exercício promova desestabilização homeostática com supercompensação, o organismo deve possuir alto grau de conectividade entre as suas diversas partes constituintes. Entretanto, a especialização esportiva, por promover alterações orgânicas e celulares específicas, resultando em modificações da interação existente entre esses componentes do organismo, pode ser o principal fator responsável pelo aparecimento da barreira de rendimento físico. Neste trabalho, estamos propondo que o treinamento deve ser organizado de forma a permitir maior variabilidade de experiências motoras e de sobrecargas para reduzir o risco do surgimento precoce deste problema.

UNITERMOS: Adaptação; Auto-organização; Caos; Cibernética; Estruturas dissipativas; Fadiga; Metabolismo celular; Treinamento esportivo; Supercompensação; Variabilidade.

INTRODUÇÃO

Os livros textos especializados em treinamento esportivo apresentam os seus fundamentos geralmente da seguinte forma (Barbanti, 1988; Weineck, 1991; Zahkarov, 1992): a) uma introdução descrevendo os princípios do treinamento e o conceito de adaptação às cargas impostas ao organismo; b) a supercompensação posterior à carga; c) os diversos componentes do exercício físico; d) as capacidades físicas a serem treinadas (força, velocidade e resistência); e) os meios e métodos de treinamento para o desenvolvimento destas capacidades físicas; e f) os procedimentos visando a aquisição das habilidades motoras esportivas tendo por base o modelo de "feedback" negativo. Segundo o enfoque cibernético (Bertalanffy, 1977; Ford & Lerner, 1992), as considerações presentes nestes itens enfatizam a importância da aplicação da sobrecarga desestabilizante da homeostase orgânica, com conseqüente reação de supercompensação de estruturas celulares e de substratos energéticos decompostos durante o exercício, com a supercompensação sendo o principal fator de explicação para a elevação do rendimento físico pelo treinamento (Fry, Morton & Keast, 1992; Zahkarov, 1992). Em termos práticos, a desestabilização do equilíbrio homeostático do organismo pela sobrecarga pode ser exemplificada com uma sessão de exercícios

físicos realizada sempre com intensidade crescente. O aumento constante da intensidade do exercício impede, até certo momento, que o organismo atinja o chamado estado de equilíbrio, onde a degradação e regeneração dos constituintes orgânicos apresentam valores idênticos. Esse valor regenerativo nulo, observado no estado de equilíbrio orgânico, pode ocorrer porque os processos biológicos tendem para esse estado devido à existência de um sistema de controle no organismo que impede que a sua homeostase sofra grandes variações (Ford & Lerner, 1992; Glass & Mackey, 1988; Malnic, 1991). Em termos práticos, o estado de equilíbrio pode ser atingido pelo organismo quando se realiza no treino diário sessões de exercícios físicos sempre com a mesma intensidade, onde a regeneração positiva orgânica ocorrerá enquanto houver desequilíbrio homeostático; uma vez atingido o equilíbrio entre regeneração e degeneração, a supercompensação deixa de se manifestar.

Para corrigir isso, segundo Tschicane (1989), basta aumentar a intensidade do exercício praticado no treino diário ou participar frequentemente de competições esportivas. Ou seja, para um programa de treinamento ser efetivo em promover elevação do rendimento físico, devemos orientá-lo utilizando estímulos com intensidade adequada para desequilibrar a homeostase, para com isso promovermos consumo das reservas energéticas orgânicas com o seu subsequente aumento (supercompensação). Isso porque, a regeneração positiva desses constituintes pode inexistir quando a intensidade do exercício for muito baixa ou muito alta (Fry et alii, 1992). No primeiro caso, teremos um estímulo abaixo do limiar necessário para desestabilizar a homeostase e, no segundo, acima da capacidade regenerativa do organismo. Além disso, deve-se observar se o organismo está no estágio de supercompensação durante a aplicação do exercício, pois, caso contrário, a regeneração positiva dos substratos energéticos degradados por ele não ocorrerá de maneira eficiente e não observaremos melhoria do rendimento físico (Fry et alii, 1992; Zakharov, 1992); na verdade, poderá até mesmo haver degeneração progressiva da condição física. Desta forma, além de nos preocuparmos com a organização das etapas destinadas ao treinamento e competições, o mesmo deve ser feito com aquelas reservadas ao descanso do atleta, por serem componentes importantes do programa de treinamento (Zakharov, 1992). Apesar de o princípio da sobrecarga ser considerado muito importante para a elevação do rendimento físico, também temos que escolher exercícios adequados para favorecermos a ocorrência da supercompensação. Aqui entra o princípio da especificidade do exercício físico aplicado ao processo de treinamento físico, sendo este considerado por diversos pesquisadores e treinadores, o mais importante de todos (Foster, Hector, Welsh, Schragu, Green & Snyder, 1995; Hawley & Hopkins, 1995; Tanaka, 1994). De acordo com esse princípio, o treinamento físico deve constar de exercícios que estimulem, através da sobrecarga imposta ao organismo, adaptações fisiológicas e bioquímicas específicas requeridas pela modalidade esportiva praticada. Isso porque, pesquisas detectaram que existem certos "fatores" fisiológicos e bioquímicos que impõem limites à capacidade de desempenho dos atletas (McCafferty & Howarth, 1973; Tanaka, 1994).

Após salientarem a importância da sobrecarga e da especificidade adaptativa para haver supercompensação, com posterior melhoria do rendimento físico, os manuais seguem explicando como organizar ou montar um programa de treinamento segundo o modelo de periodização proposto por Matveyev (Fry et alii, 1992; González, 1994; Matveyev, 1977; Viru, 1991; Zakharov, 1992). De fato, além de termos em mente que a dinâmica entre aplicação de sobrecarga e recuperação é importante para a estruturação de um programa de treinamento, também temos que pensar na organização dos exercícios aplicados. Ou seja, para o treinamento físico ser efetivo em induzir efeito supercompensatório específico, devemos organizar os exercícios e as suas intensidades de forma criteriosa para não promovermos perda precoce da capacidade adaptativa dos atletas (Ford & Lerner, 1992). Para tanto, Matveyev (1977) recomendou que o ano de treinamento (macrociclo) fosse dividido em três períodos denominados de preparação física (geral e específica), competição e transição, cujos respectivos objetivos a serem atingidos são: a) no período de preparação, deve-se objetivar a aquisição da forma física básica; b) no período de competição, a meta é a obtenção da forma física e técnica específicas requeridas pela especialidade do atleta; e c) no período de transição, deve-se mudar a rotina de trabalho, praticando-se outros tipos de atividades para que o atleta se recupere ativamente para a próxima etapa de treinamento. Este ciclo, representando um ano de treinamento, é dividido posteriormente em unidades menores denominadas de mesociclos (com três-seis semanas de duração), microciclos (uma semana) e unidades diárias de treinamento. Na literatura especializada em treinamento esportivo, encontramos que a duração do mesociclo mais adequada para promover supercompensação é de quatro semanas (Fry et alii, 1992). No mesociclo, as duas primeiras semanas visam ao desenvolvimento da forma física, a terceira é um microciclo onde se deve utilizar exercícios com alta

intensidade para promover um grande consumo das reservas energéticas do organismo e, a última, regenerativa. Além disso, os mesociclos correspondentes a cada período devem ser necessariamente diferentes pois, como já comentado, os objetivos a serem atingidos mudam em cada um deles (Zahkarov, 1992). Apesar destas recomendações, o mesociclo tem sido praticado de forma homogênea, com a intensidade e a duração do exercício repetindo-se nas quatro semanas que compõem este ciclo. Portanto, a aplicação de exercícios físicos específicos com intensidade crescente, organizados na forma de mesociclos com duração de quatro semanas, é o procedimento mais recomendado para se promover a regeneração positiva - supercompensação - com o conseqüente aumento da capacidade de desempenho físico dos atletas (Fry et alii, 1992).

Um problema muito comum apresentado por atletas que treinam por longo tempo seguindo esses princípios e procedimentos, é o aparecimento da barreira de rendimento físico, cuja ocorrência pode-se dar a curto ou a longo prazo (Weineck, 1991). No primeiro caso, dizemos que houve especialização esportiva precoce e, no segundo, que a atividade física tornou-se repetitiva por longo tempo, a ponto de criar um estereótipo de movimento difícil de ser modificado. Os principais objetivos deste trabalho são: a) mostrar as limitações do princípio da sobrecarga e da especificidade adaptativa como modelo teórico para orientar a prática esportiva; b) utilizar conhecimentos de bioquímica do exercício para explicar a barreira de rendimento físico apresentada por atletas especialistas em provas de velocidade e de resistência aeróbia e; c) discutir as bases teóricas da prática esportiva baseada no princípio da variabilidade de experiências motoras e de sobrecargas.

ASPECTOS QUALITATIVOS DA TEORIA DO TREINAMENTO (I)

Apesar dos aspectos quantitativos da teoria do treinamento desenvolvidos no item anterior serem considerados importantes para a promoção do rendimento físico, segundo Tschiene (1989), eles são insuficientes para servirem de modelo teórico para a orientação do treinamento esportivo. Isso porque, para esse autor e Fry et alii (1992), a aplicação da sobrecarga com exercícios específicos organizados em diversos períodos de treinamento, como proposto por Matveyev (1977), apresenta caráter eminentemente quantitativo, analítico, descritivo, prescritivo e empírico. Ou seja, falta uma base teórica adequada para orientar a prática esportiva, assim como uma consideração mais global de todos os fatores que limitam o desempenho físico do atleta. Tschiene recomenda, como alternativa à essa visão quantitativa, o enfoque qualitativo, cujo conteúdo é resumido a seguir: a) para a prática esportiva ter caráter científico, os seus responsáveis devem começar a sua organização por um estudo minucioso dos paradigmas atuais da ciência, do qual deduzirão as orientações para o processo de treinamento físico; e b) também devem ter conhecimento das leis de adaptação funcional às cargas específicas e não específicas, onde se deve buscar uma compreensão de como ela varia segundo a organização da carga imposta, segundo o nível de aptidão física do desportista (principiante ou profissional) e, eventualmente, em relação ao sexo, assim como o efeito cumulativo do treinamento que se obtém combinando ações (efeitos do treinamento diversificado). O uso do paradigma centrado na teoria da ação global do homem, sugerido por Tschiene, é importante no caso específico do treinamento físico porque a atividade humana tem caráter global e, cada vez que não levamos isso em conta, corremos o risco de promover o desenvolvimento parcial do atleta. A alternativa teórica sugerida por Tschiene (1989) que satisfaz as suas exigências é a teoria dos sistemas funcionais desenvolvida por Anokhin (1968). Segundo essa teoria, o desempenho de um sistema funcional (o desportista na sua especialidade) deve representar um fator de formação e de estímulo para o seu próprio desenvolvimento (Anokhin, 1968). Portanto, para que o atleta apresente aumento constante do seu rendimento físico, ele deve treinar com exercícios intensos ou participar freqüentemente de competições, porque se os resultados específicos da ação (o desempenho em competições, por exemplo) faltarem por um longo tempo, os mecanismos coordenativos e integrativos presentes no organismo podem ser alterados permanentemente, prejudicando a capacidade de rendimento futuro do atleta. Na verdade, o que Tschiene (1989) recomendou foi a aplicação dos princípios da sobrecarga e da especificidade adaptativa numa inter-relação ótima, para com isso impedirmos que o equilíbrio se estabeleça precocemente no organismo do atleta restringindo a elevação do seu rendimento físico. Ou seja, apesar de reconhecer que falta uma base teórica adequada para orientar a prática esportiva, Tschiene (1989) não acrescenta muito ao que já foi proposto por outros autores como Fry et alii (1992) e Booth & Thomason (1991).

CONCEITO DE ADAPTAÇÃO E ESPECIFICIDADE ADAPTATIVA

Tschiene (1989) não acrescenta muito ao que já é conhecido porque as suas recomendações qualitativas podem ser encontradas nas classificações de adaptação propostas por Fisher (citado por Booth & Thomason, 1991). Segundo esse autor, as adaptações orgânicas às variações dos estímulos ambientais com promoção de supercompensação são colocadas em duas categorias: a) quando as alterações celulares, orgânicas e sistêmicas ocorrerem na mesma escala de tempo de uma única atividade motora são denominadas de respostas aguda ao exercício físico. Nesta categoria ainda não podemos falar de adaptação propriamente dita porque os efeitos revertem-se se não for aplicado outro estímulo em tempo apropriado e; b) se esses efeitos persistem por longo período em consequência do treinamento (repetições de estímulos em tempo apropriado) são denominadas de adaptação. Neste contexto, adaptação é uma forma de minimizar o desequilíbrio homeostático imposto pelo exercício. Por exemplo, o treinamento físico prolongado promove redução do fluxo sanguíneo para o músculo esquelético quando se realiza exercício submáximo (Hollman & Hettinger, 1989; Holloszy & Coyle, 1984). É esta melhor manutenção do meio interno pela adaptação promovida pelo treinamento que favorece uma maior economia e efetividade funcional do organismo em exigências físicas além do estado de repouso. Com esses conceitos de adaptação, podemos dizer que o aumento do rendimento físico, como consequência da supercompensação; que é, na verdade, uma forma de adaptação biopositiva, é um problema essencialmente biológico (Verchosanskij, 1992; Weineck, 1991).

A supercompensação promovida pelo treinamento físico é geralmente verificada através de estudos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos. Quando essa avaliação foi feita estudando-se o metabolismo celular, esse fenômeno foi confirmado com a constatação de aumentos da quantidade de glicogênio estocado no músculo esquelético, da biossíntese de proteínas musculares comparativamente ao seu catabolismo e da concentração e atividade de algumas enzimas participantes do metabolismo aeróbio e anaeróbio (Gardiner, 1991; Holloszy & Coyle, 1984; Maughan, 1992; Saltin & Rowell, 1980; Sjodin, 1992; Teschi, Thorsson & Essen-Gustavsson, 1989; Tikkanen, Näveri & Härkönen, 1995). Além disso, observou-se que há especificidade da resposta adaptativa das proteínas musculares ao estímulo da atividade física. Por exemplo, 60 minutos de corrida diária mantida por várias semanas aumenta a densidade mitocondrial do músculo esquelético mas não estimula o seu metabolismo glicolítico alático e láctico ou a hipertrofia da fibra (Saltin & Rowell, 1980; Tullson & Terjung, 1990). O contrário é observado no treinamento de força. De fato, um programa de treinamento com pesos aumenta o tamanho do músculo esquelético e a atividade do metabolismo glicolítico alático e láctico, mas diminui a densidade mitocondrial, assim como a atividade das enzimas do ciclo de Krebs e da cadeia respiratória e a rede capilar do músculo (Alberneth, Jürimäe, Logan, Taylor & Thayer, 1994; Alberneth, Thayer & Taylor, 1990; Booth, 1988; Teschi et alli, 1989). O aumento da densidade mitocondrial muscular, pelo treinamento de resistência aeróbia, favorece um maior tempo de corrida: provavelmente devido à elevação da capacidade do metabolismo oxidativo muscular, levando ao maior consumo de ácidos graxos livres com redução concomitante da utilização do glicogênio muscular e hepático (Holloszy & Coyle, 1984). Com o aumento do tamanho muscular pelo treinamento de força pode-se gerar maior tensão nesse tecido e mover, conseqüentemente, uma grande resistência: provavelmente devido à elevação dos depósitos de fosfocreatina do músculo esquelético e da atividade das enzimas responsáveis pela sua metabolização (Teschi et alli, 1989).

Os conceitos de adaptação e de especificidade adaptativa ao treinamento físico, apresentados acima, mostram que o aumento do rendimento físico, promovido pela supercompensação, pode ser explicado mecanisticamente. Apesar de nosso conhecimento sobre esse fenômeno ter crescido nos últimos anos, sabemos muito pouco como cada processo orgânico e celular se relaciona com os outros e como essa inter-relação é afetada pelo treinamento. Deve ser recordado que temos um limite biológico para a manifestação da supercompensação pois sempre chegamos inevitavelmente a um ponto em que a intensidade do exercício não pode mais ser aumentada e o desequilíbrio homeostático ocorrer. Portanto, pode-se dizer que o conteúdo total de proteína muscular é determinado pela capacidade do organismo em responder à especificidade imposta pelo estímulo do exercício. Se a síntese protéica está aumentada e a degradação inalterada, por exemplo, ocorre ganho de proteína muscular - regeneração positiva. O resultado final destes efeitos, obtidos com o uso dos princípios da sobrecarga e da especificidade adaptativa, para a obtenção do rendimento físico, é o aumento da expressão gênica que leva a mudanças específicas no fenótipo celular resultando em desempenhos esportivos também especializados (Booth, 1988).

O PROBLEMA DA BARREIRA DE RENDIMENTO FÍSICO

O perfil da curva mostrada na FIGURA 1 representa o surgimento progressivo da barreira de rendimento físico no organismo de atletas especialistas em provas de velocidade ou de resistência aeróbia. Além disso, ele também pode ser observado na curva de consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) no decorrer do tempo de vida de pessoas de ambos os sexos ou no comportamento da força muscular estática máxima (Hollman & Hettinger, 1989). Segundo Weineck (1989), a causa do perfil dessa curva deve ser procurada no grau de modificação da homeostase alcançado pelo organismo devido aos vários anos de treinamento a que o atleta é submetido. Graças à melhoria do seu estado de treinamento, as cargas aplicadas provocam distúrbios homeostáticos cada vez menores, restringidos pelo equilíbrio bioquímico e fisiológico atingido pelo organismo; por isso, com resposta adaptativa biopositiva sempre menor. Portanto, as modificações estruturais e funcionais orgânicas propiciadas pelo treinamento tornam o organismo do atleta cada vez mais resistente ao estímulo do exercício físico. Essa afirmação é justificada com os exemplos da barreira de rendimento físico desenvolvida por atletas especialistas em provas de velocidade e de resistência aeróbia.

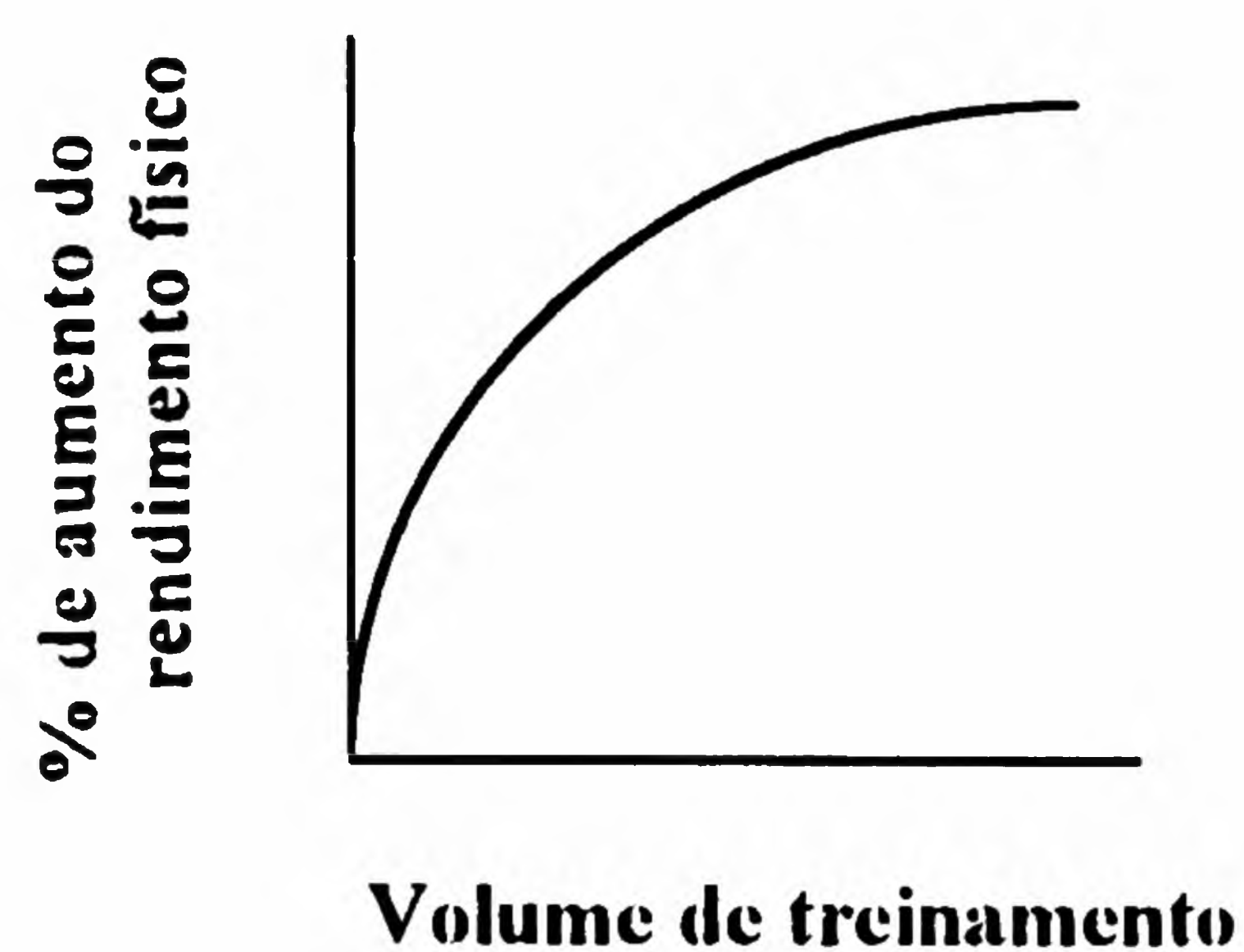


FIGURA 1 - Curva de evolução do estado de treinamento (adaptado de Hollman & Hettinger, 1989; Weineck, 1991).

Barreira de rendimento físico em provas de velocidade

Esse problema pode ser observado quando, no processo de treinamento da velocidade motora, nenhuma exigência nova e maior é possível de ser imposta ao organismo do corredor de "sprint" (estabilização da velocidade motora em provas atléticas dependentes dessa capacidade física). Segundo Osolin (citado por Weineck, 1989) a aplicação prolongada de conteúdos, de métodos e de cargas idênticas induz um estereótipo de movimento que torna mais difícil, na verdade impossível, um novo desenvolvimento da velocidade. Tschiene (1989) relata que o aparecimento da barreira de velocidade pode ser o resultado de uma especialização precoce e, mais tarde, devido a um volume muito grande do trabalho geral de condicionamento. Vários resultados obtidos experimentalmente que podem explicar o aparecimento da barreira de velocidade incluem: a) a atividade eletromiográfica de corredores de categoria internacional é menor que a de pessoas destreinadas submetidas a uma determinada corrida de velocidade (Hollman & Hettinger, 1989). Isso porque, os iniciantes ou indivíduos menos treinados, por não terem bom controle neuro-muscular, realizam movimentos desnecessários, promovendo recrutamento de várias unidades motoras (controle intra-muscular) ou de diferentes grupos musculares (controle inter-muscular) não envolvidos diretamente com o movimento executado. Em princípio, a menor atividade eletromiográfica apresentada pelos atletas poderia significar uma maior economia no modo de trabalho da musculatura em ação. entretanto, as suas conseqüências podem ser importantes para o treinamento a longo prazo e para o estabelecimento da barreira de velocidade, pois uma condição importante para o desenvolvimento da velocidade de movimentos é a manutenção de um estado de excitabilidade ótima do músculo esquelético pelo sistema nervoso central; b) a diminuição do potencial de excitabilidade muscular pelos impulsos nervosos, nesta condição, pode ser o resultado de uma especialização contínua ao nível do recrutamento de unidades motoras específicas de contração rápida em detrimento das lentas. De fato, as fibras musculares de contração rápida são recrutadas quando a intensidade do exercício aproxima-se ou ultrapassa o VO_{2max} ou quando os

estoques de glicogênio das fibras de contração lenta forem depletados; e, ao contrário, as fibras de contração lenta são recrutadas predominantemente no exercício submáximo. Como consequência, o treinamento de velocidade eleva somente a atividade do metabolismo anaeróbio alático e láctico das fibras musculares de contração rápida sem alterar significativamente a do metabolismo aeróbio (mitocondrial), tanto das fibras de contração lenta como das rápidas presentes neste tecido. As enzimas responsáveis pelo metabolismo glicolítico alático do tecido muscular estimuladas pelo treinamento de velocidade são: creatina quinase, adenilato quinase, AMP desaminase, adenilsuccinato sintase e adenilsuccinato (Hochachka, 1985; Stathis, Febbraio, Carey & Snow, 1994; Teschi et alii, 1989). As enzimas responsáveis pelo metabolismo glicolítico láctico estimuladas por este tipo de treinamento são: glicogênio fosforilase, fosfofrutoquinase [PFK-1], gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase e lactato desidrogenase [LDH-M] (Saltin & Gollnick, 1983; Sjodin, 1992; Williams, Plag, Troup & Wolfe, 1995).

Uma possível explicação para a menor estimulação do metabolismo mitocondrial pelo treinamento de velocidade pode ser a de que o exercício físico de curta duração e alta intensidade provoca lesões mitocondriais e depressão da capacidade respiratória celular (Chen & Gollnick, 1994; Davies, Quintanilha, Brooks & Packer, 1982). De fato, durante o treinamento com esse tipo de exercício, há perda de atividade da enzima citocromo oxidase, elevando a pressão de elétrons na cadeia respiratória mitocondrial. Por exemplo, Gollnick, Bertocci, Kelso, Witt & Hodgson (1990) demonstraram que a capacidade oxidante do músculo de cavalos diminui em 55% após o exercício físico intenso. O exercício físico intenso provoca isquemia muscular e, como foi demonstrado por Soussi, Idstrom, Schersten & Bylund-Fellenius (1990), a atividade da enzima citocromo oxidase é diminuída em 40% após isquemia. Recentemente, Pereira (1994) relatou que, durante o exercício físico intenso e de curta duração, os elétrons transportados pela cadeia respiratória mitocondrial podem ser desviados do oxigênio para a coenzima Q, resultando em formação de oxi-radicais (superóxido, O_2^- e radical hidroxil, $OH\cdot$) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Como estas moléculas são altamente reativas e potencialmente tóxicas para o organismo, podem ser os principais efetores das lesões mitocondriais encontradas em músculos de animais exercitados até a exaustão ou submetidos a treinamento de velocidade (Davies et alii, 1982b). Além de haver formação intramitocondrial de oxi-radicais e peróxido de hidrogênio durante o exercício físico intenso, isso também pode ocorrer no citoplasma da fibra muscular nesta condição. De fato, o ciclo de metabolização de bases purínicas presente no citoplasma das fibras musculares é ativado pelo exercício físico intenso resultando em metabolização destas bases presentes nas moléculas de ATP, ADP, AMP e IMP promovendo formação de amônia (NH_3^+), hipoxantina, xantina, O_2^- , $OH\cdot$ e H_2O_2 , o que agrava ainda mais a situação (Hellsten, 1993; Pereira, 1994). Como resposta adaptativa à formação elevada de O_2^- nas fibras musculares em decorrência do treinamento físico, demonstramos que as isoenzimas da superóxido dismutase (CuZn-SOD, citoplasmática; Mn-SOD, mitocondrial) - ambas responsáveis pela decomposição do ânion O_2^- - modificam suas atividades de maneira diferenciada, dependendo da intensidade do exercício físico imposto no treinamento (Pereira, 1991). Quando o treinamento é realizado com alta intensidade, a isoenzima citoplasmática é a única que responde com aumento de atividade, enquanto que na atividade física de longa duração e baixa intensidade é a isoenzima mitocondrial que é ativada (Pereira, 1991). Estes dados mostram que o treinamento de velocidade promove elevação da atividade de vias metabólicas presentes no citoplasma das fibras musculares de contração rápida (Albernethy et alii, 1990). Como consequência da ativação da glicólise anaeróbia alática (com formação de amônia) e láctica (com formação de lactato) com diminuição paralela do potencial oxidante do músculo esquelético pelo treinamento de velocidade, a eficiência do processo de contração muscular pode ser prejudicada devido à fadiga central e periférica desencadeadas respectivamente pela amônia e pela acidose metabólica provocada por esse tipo de exercício (Banister & Cameron, 1990; Connitt, Honig, Gayeski & Brooks, 1990; Fitts, 1994; Hochachka, 1985).

Barreira de rendimento físico em provas de longa duração

No caso das provas atléticas em que predomina a resistência aeróbia, acredita-se que o principal fator limitante dessa capacidade física é o potencial oxidante muscular e o seu conteúdo mitocondrial, sendo que a principal fibra muscular recrutada neste tipo de atividade motora é a de contração lenta (Davies, Packer & Brooks, 1981, 1982; Gollnick, Riedy, Quintinskie & Bertocci, 1985; Holloszy & Coyle, 1984; Saltin & Rowell, 1980). Portanto, os esforços realizados até o momento para a melhor compreensão da resistência aeróbia foram dirigidos quase que exclusivamente para o estudo do metabolismo

mitocondrial (Booth & Thomason, 1991; Davies et alii, 1981; Fitts, Booth, Winder & Holloszy, 1975; Holloszy & Coyle, 1984; Tikkanen et alii, 1995). Por exemplo, para se avaliar o efeito do treinamento de longa duração sobre a capacidade oxidante do tecido muscular utiliza-se normalmente a dosagem da atividade das principais enzimas reguladoras do ciclo de Krebs (citrato sintase, isocitrato desidrogenase e α -cetoglutarato desidrogenase) e da via de metabolização de gorduras (carnitina palmitoiltransferase I e II) (Saltin & Gollnick, 1983; Tikkanen et alii, 1995; Williamson & Cooper, 1980). A atividade das enzimas citrato sintase e isocitrato desidrogenase do músculo sóleo de ratos aumenta duas a três vezes em função do treinamento da capacidade aeróbia (Holloszy, 1975; Pereira, Costa Rosa, Safi, Medeiros, Curi & Bechara, 1994; Saltin & Gollnick, 1983). Em contraste, a atividade da enzima α -cetoglutarato desidrogenase eleva-se somente 55% nesta mesma condição (Holloszy, 1975). Tikkanen et alii (1995) demonstraram que as atividades das enzimas carnitina palmitoiltransferase I e II elevam-se nos músculos sóleo e gastrocnêmio de ratos devido ao treinamento moderado com exercício de longa duração (50% do VO_{2max}).

Em experimentos realizados com ratos que corriam diariamente com diferentes tempos de duração, foi observado que o conteúdo mitocondrial muscular é diretamente proporcional ao tempo de duração do exercício (Fitts et alii, 1975). Também detectaram nesse experimento que, acima de um determinado tempo-limite, não se observam aumentos adicionais do conteúdo mitocondrial muscular. Nesse estudo, o aumento percentual dos valores da atividade da enzima citrato sintase e do conteúdo de citocromo do músculo gastrocnêmio foi respectivamente de 15 e 12% (10 min de corrida), 57 e 31% (30 min), 87 e 38% (60 min) e 128 e 92% (120 min) maiores que o controle. Esses dados mostram que a duração do exercício pode ser o principal fator determinante da resposta adaptativa mitocondrial com o treinamento prolongado. Entretanto, Dudley, Abraham & Terjung (1982) demonstraram que o treinamento de corrida de curta duração e alta intensidade também induz o mesmo aumento da concentração de citocromo no músculo esquelético observado com o treinamento prolongado, mostrando que a duração do exercício deve exceder uma determinada intensidade para que o conteúdo mitocondrial aumente nesse tecido. A justificativa que esses autores deram para a ocorrência desse efeito foi a de que o aumento da intensidade do exercício pode recrutar novas unidades motoras inativadas pelo exercício de baixa intensidade, resultando em aumento da concentração mitocondrial muscular. Por outro lado, assim como a duração do exercício precisa ultrapassar um certo limiar de intensidade para promover proliferação mitocondrial muscular, a velocidade também depende de certa duração para promover esse mesmo efeito; ou seja, um mínimo de duração e de intensidade é necessário para que o aumento da concentração mitocondrial se manifeste nesse tecido com o treinamento da resistência aeróbia. Mesmo assim, existe uma duração máxima além da qual não observamos aumentos adicionais do conteúdo mitocondrial muscular (Booth & Thomason, 1991).

O aumento do conteúdo mitocondrial muscular e da sua capacidade oxidante, promovido pelo treinamento de longa duração, resulta em diminuição da concentração e da atividade máxima de várias enzimas responsáveis pela metabolização de bases purínicas neste tecido (Booth & Thomason, 1991; Duan & Winder, 1994). Isso porque, para a atividade dessas enzimas (creatina quinase, adenilato quinase, AMP desaminase, adenilsuccinato sintase e adenilsuccinato liase) ser estimulada, há necessidade de que o exercício seja de alta intensidade (Hochachka, 1985; Stathis et alii, 1994). Como isso não ocorre quando se emprega no treinamento diário exercício prolongado, há diminuição da concentração intracelular dos principais fatores alostéricos ativadores (ADP, Pi, AMP, IMP e NH_3^+) das enzimas glicogênio fosforilase, PFK-1 e piruvato quinase (principais enzimas reguladoras da via glicolítica) resultando em queda da atividade destas enzimas e da própria via glicolítica (Brechue, Gropp, Ameredes, O'Drobinak, Stainsby & Harvey, 1994; Duan & Winder, 1994; Lowenstein, 1990; Tikkanen et alii, 1995). De fato, experimentos que consistiram de treinamento físico por doze semanas com duas horas de duração por sessão, utilizando ratos, demonstraram queda de 20% da atividade de várias enzimas glicolíticas em músculos vermelhos de contração rápida e aumentos de 18 a 35% em músculos vermelhos de contração lenta (Baldwin, Winder, Terjung & Holloszy, 1973; Hermansen, Hultman & Saltin, 1967; Holloszy, 1975). Entretanto, quando o tempo de duração do exercício foi ampliado com a utilização de estimulação elétrica (24 h/dia), observaram grande percentagem de diminuição da atividade de todas as enzimas glicolíticas em todas as fibras musculares estudadas. Por exemplo, a estimulação por 10 dias das porções brancas e vermelhas de um músculo de contração rápida resultou em queda da atividade da aldolase (para cada porção muscular estudada) em 66 e 92% e mais 26 e 41% com 21 dias de estimulação. Esse experimento demonstra que, à

medida que o treinamento prolonga-se, maior é o seu efeito inibitório sobre a via glicolítica (Kraus, Bernard & Willians, 1989; Willians, Garcia-Moll, Mellor, Salmons & Harlan, 1987).

Além de alterar a atividade da aldolase, a corrida diária também modifica de maneira diferenciada a atividade da LDH total em vários tipos de fibras musculares. Por exemplo, após o treinamento com exercícios de longa duração a atividade da LDH total diminuiu no músculo gastrocnêmio (fibras de contração rápida) de ratos e humanos, aumentou no músculo sóleo de ratos, diminuiu nas fibras de contração lenta do músculo vasto lateral de humanos e aumentou no coração de ratos (Apple & Rodgers, 1986; Karlsson, Sjodin, Thorstensson, Hulten & Frith, 1975). Além da queda da atividade da LDH total, com o treinamento de longa duração, suas isoenzimas mudaram de características no músculo esquelético (Simoneau & Pette, 1989). Ou seja, o aumento da atividade da LDH encontrado na fibra muscular de animais treinados em resistência aeróbia, ou devido à sua estimulação crônica, é o resultado da elevação das concentrações e das atividades das isoenzimas com características daquelas presentes no coração (forma LDH-H). Esta mudança de característica das isoenzimas da LDH muscular, como resultado do treinamento aeróbio, é uma adaptação que resulta em diminuição da velocidade de conversão do piruvato em lactato neste tecido; na verdade, esta alteração pode até mesmo estimular a conversão do lactato em piruvato no músculo esquelético. A alteração dos controles pré-translacionais parece ser o principal fator envolvido na queda da atividade das enzimas glicolíticas estudadas (Kraus et alii, 1989). Nestes experimentos, foi detectada diminuição da quantidade de mRNA da aldolase antes da queda da sua atividade. No caso da LDH, foi observado que a estimulação crônica do músculo extensor *digitorum longus* de coelho induz aumento paralelo da atividade e da quantidade de mRNA da forma LDH-H (Seedorf, Leberer, Kirschbaum & Pette, 1986). Além disso, houve diminuição proporcional da isoenzima LDH-M e do seu mRNA nesse músculo. Esse resultado comprova que o treinamento de longa duração promove aumento da quantidade da forma LDH-H (cardíaca) no músculo esquelético, sendo o músculo vermelho mais susceptível que o branco à essa forma de conversão isoenzimática da LDH (Booth & Thomason, 1991).

Além desses relatos de queda de atividade das enzimas glicolíticas musculares, provocado pelo treinamento de longa duração e baixa intensidade, existem muitas evidências mostrando que a hexoquinase é a única enzima glicolítica ativada no músculo esquelético por este tipo de treinamento. Contudo, uma vez que a hexoquinase está mais envolvida com o transporte de glicose através da membrana celular do que com a glicólise, ela não pode ser considerada uma enzima glicolítica propriamente dita, porque a elevação da sua atividade com o treinamento de resistência parece facilitar o consumo de glicose sanguínea, mas não aumenta o fluxo metabólico dessa via (Saltin & Gollnick, 1983). Além disso, foi demonstrado que o exercício físico prolongado provoca maior associação da hexoquinase à mitocôndria e que o exercício físico intenso de curta duração, realizado até a exaustão, diminui esse processo por provocar depressão da capacidade respiratória mitocondrial (Chen & Gollnick, 1994). As isoenzimas da hexoquinase mais importantes são as do tipo I e II, sendo que a primeira tem funções predominantemente catabólicas e a segunda, anabólicas. Foi também demonstrado que a isoenzima do tipo I predomina em tecidos insulino-independentes (cérebro e coração) enquanto que a do tipo II, nos tecidos insulino-dependentes como os músculos esqueléticos ricos em fibras vermelhas (Bonen, McDermont & Hutber, 1989; Wilson, 1985). O aumento da atividade da isoenzima tipo I da hexoquinase no músculo esquelético (Chen & Gollnick, 1994), em conjunto com as conversões da isoenzima LDH-M para a forma LDH-H nesse tecido (Seedorf et alii, 1986), pode justificar a afirmação de que as fibras musculares assumem, ao longo de vários anos de treinamento da resistência aeróbia, as características metabólicas do músculo cardíaco (Holloszy, 1975). O significado fisiológico da diminuição do fluxo metabólico glicolítico alático e láctico das fibras musculares pelo treinamento da resistência aeróbia não é muito claro (Booth & Thomason, 1991; Holloszy, 1975). Entretanto, os efeitos relatados acima, promovidos por este tipo de treinamento, podem estar relacionados com os menores valores sanguíneos de lactato e de NH_3^+ encontrados em indivíduos treinados nesta capacidade física (Holloszy, 1975). Como consequência, foi demonstrado que esses indivíduos perdem a capacidade de suportar grandes concentrações musculares de lactato; na verdade, eles dificilmente conseguem ativar a via glicolítica muscular de maneira significativa (Brooks & Mercier, 1994; Fitts, 1994; Holloszy & Coyle, 1984).

Os dois exemplos de perda da capacidade de elevar o rendimento físico em provas de velocidade e de resistência aeróbia, descritos acima, indicam que a prática esportiva orientada pelos princípios da sobrecarga e da especificidade adaptativa promove no organismo do atleta, um processo progressivo de alterações orgânicas que culminam em desestruturação da organização apresentada pelo

metabolismo da fibra muscular. Essa desestruturação metabólica, promovida pela utilização desses princípios, ocorre porque quando o treinamento físico é realizado com o objetivo de melhorar a capacidade anaeróbia da fibra muscular do indivíduo (metabolismo glicolítico alático e láctico), há diminuição da funcionalidade da sua capacidade aeróbia (metabolismo mitocondrial); e vice-versa com a capacidade anaeróbia quando se treina a aeróbia. Portanto, é como se observássemos a instalação de um quadro de desorganização da estrutura do metabolismo da fibra muscular devido à adaptação específica imposta pelo treinamento físico unilateral a longo prazo. Com isso, estamos propondo que estas alterações metabólicas podem estar possivelmente relacionadas com o problema da barreira de rendimento físico desenvolvido por atletas especialistas em modalidades esportivas onde predominam a velocidade e a resistência aeróbia.

ASPECTOS QUALITATIVOS DA TEORIA DO TREINAMENTO (II)

Foi relatado anteriormente que Tschien (1989) recomendou como alternativa à visão quantitativa, predominante na teoria do treinamento, o enfoque qualitativo, do qual se deve deduzir as orientações para o processo de treinamento físico. Além disso, nossas críticas as suas idéias demonstraram que estas não acrescentam muito ao que já foi proposto por outros autores. Contudo, o aspecto da sua proposta referente as considerações dos paradigmas atuais da ciência, que devemos conhecer antes de começar a fazer recomendações práticas para o treinamento esportivo, é fundamental. É nossa intenção discorrer sobre alguns aspectos do paradigma da auto-organização e utilizá-lo posteriormente para explicar o problema da barreira do rendimento físico apresentado por atletas altamente especializados em provas de velocidade ou de resistência aeróbia. Em seguida, tentaremos demonstrar que a prática esportiva realizada com muita repetitividade de exercícios sem variabilidade de experiências motoras e de sobrecargas pode ser o principal fator responsável pelo surgimento desse problema.

Segundo Atlan (1992) e Prigogine & Stengers (1984, 1988), os processos de ordenação estrutural e funcional podem surgir espontaneamente no organismo a partir da desordem orgânica causada por um estímulo (o exercício físico por exemplo). Este fenômeno, denominado de auto-organização, pode ocorrer porque os subsistemas presentes no organismo estão em contínuo processo de flutuação estrutural e funcional, sendo que se estas flutuações ultrapassarem um certo limiar, como resultado da ação de um estímulo ambiental ou por modificações espontâneas das concentrações dos substratos metabólicos, podem promover, como consequência, modificações neste sistema que levam ao surgimento de processos de auto-organização (Atlan, 1992; Prigogine & Stengers, 1984, 1988; Sahal, 1982). É preciso salientar que o estímulo não pode ter intensidade superior à capacidade adaptativa do organismo. Esse aspecto da intensidade do exercício físico já foi discutido anteriormente. Além disso, para que os estímulos proporcionem efeitos significativos para o surgimento de processos de auto-organização no organismo três fatores são fundamentais (Bak & Chen, 1991; Berlin, 1991; Gleick, 1990; Jantsch, 1980; Kauffman, 1991; Loye & Eisler, 1987; Prigogine, 1993; Prigogine & Stenger, 1984, 1988, 1992; Ruthen, 1993): a) indução de extrema instabilidade estrutural; b) o equilíbrio orgânico precário resultante dessa instabilidade; e c) os constantes reparos necessários à conservação do organismo. Entretanto, para o estímulo promover instabilidade estrutural no organismo, este deve possuir alta variedade estrutural e funcional. De certa forma, o organismo satisfaz essa exigência porque possui grande diversidade de órgãos e sistemas de órgãos (Miller, 1978). Essa exigência é resumida na "lei da variedade indispensável" desenvolvida por Ashby (Ashby, 1970; Atlan, 1992). Segundo Atlan (1992), a lei de Ashby estabelece uma relação entre a variedade das possíveis perturbações a que o organismo pode sofrer e as respostas orgânicas disponíveis. Assim, a variedade das respostas orgânicas disponíveis deve ser tão alta quanto a variedade estrutural do organismo, principalmente num ambiente que seja fonte de diversas perturbações imprevisíveis. Portanto, a variedade estrutural e a plasticidade funcional do organismo são fatores indispensáveis para que ele se adapte a essas perturbações sem correr o risco de perecer precocemente. Por exemplo, o cérebro em condições normais consome somente glicose como substrato energético, contudo, em situação de jejum prolongado, quando a glicose não está disponível em quantidade suficiente, ele adquire a capacidade de consumir corpos cetônicos para suprir suas necessidades energéticas (Newsholme & Leech, 1983).

A variedade estrutural e funcional orgânica é somente um dos aspectos envolvidos com a efetividade do processo adaptativo. Além disso, para responder adequadamente às perturbações ambientais, o organismo deve possuir alto grau de conectividade entre as suas diversas partes constituintes (Atlan, 1992;

Miller, 1978; Ruthen, 1993). Ou seja, a existência de um grau de conectude elevado entre as partes do organismo é fundamental para que ele funcione como um todo e não apenas como um sistema constituído por componentes independentes (Atlan, 1992; Jantsch, 1980; Prigogine & Stengers 1984). Com efeito, sistemas com muitos componentes interativos como o organismo, estão organizados de maneira que possibilita aos estímulos ambientais atingirem um ponto crítico onde uma alteração mínima além dele pode levar à sua catástrofe estrutural com o surgimento de processos de organização espontânea (Atlan, 1992; Bak & Chen, 1991; Jantsch, 1980; Thom, 1985; Woodcock & Davies, 1991). Portanto, pode-se dizer que o efeito de um estímulo somente promoverá instabilidade estrutural orgânica, movendo o organismo do equilíbrio, com a possibilidade de mudança estrutural e funcional, se o estímulo promover efeito global ou no mínimo se ultrapassar um certo limiar. De fato, a teoria da ordem pelo ruído de Atlan (1992) e a teoria das estruturas dissipativas de Prigogine (1993) e Prigogine & Stengers (1984, 1988, 1992) nos ensinam que um sistema só passa a apresentar instabilidade estrutural quando os estímulos ambientais promovem flutuações orgânicas e celulares capazes de ultrapassar um certo limiar, sendo que se ele não for ultrapassado, o estímulo não tem efeito significativo no sentido de deslocar os sistemas dos seus estados de equilíbrio. Portanto, para que o estímulo ultrapasse esse limiar, é indispensável que o organismo apresente elevado grau de conectude entre as suas partes constituintes.

As noções de organização sistêmica e o conceito de regulação primária, ambas desenvolvidas por Bertalanffy (1977), são fundamentais para podermos compreender estes aspectos ligados à funcionalidade dos organismos e justificam as considerações anteriores. Segundo essa abordagem, um organismo é classificado como um sistema constituído por um conjunto de partes em interação explicada pela noção de regulação primária. Regulação primária é definida como aquele sistema de trocas de informações presente no organismo diretamente relacionado com a manutenção da interação dinâmica das partes presentes neste sistema, onde desempenha papel vital na preservação da sua integridade estrutural e por várias de suas características (Bogart, 1980; Ford & Lerner, 1992; Jantsch, 1980; Lewin, 1994; Mayer & Baldi, 1991; Mpitsos, Creech, Cohan & Mendelson, 1988; Prigogine & Stengers, 1984). Para tornar o conceito de regulação primária mais acessível à comunidade científica mecanicista dominante, Bogart (1980) desenvolveu o conceito "feedwithin" caracterizado como sistema estratégico de troca de informações entre as partes de um sistema. O "feedwithin" está relacionado com a possibilidade dos processos internos dos sistemas serem alterados para atingirem uma meta ou para se adaptarem as exigências do meio em que se encontram. Segundo Bogart, quanto maior for a complexidade interna do sistema e quanto mais crítica for essa complexidade como fator de obtenção de resposta criativa às exigências do meio ambiente, maior importância terá o "feedwithin" para ele. O foco de atenção centrado no "feedwithin" nos predispõem a ver o processo adaptativo como consequência do desenvolvimento da coordenação dos processos internos do sistema. Atualmente, estão sendo desenvolvidas várias terminologias tendo por base a Teoria da Comunicação (Shannon & Weaver, 1949) para descrever certos aspectos das trocas de informações existentes entre os diversos subsistemas e células do organismo: transmissão nervosa, funcionalidade imunológica, transmissão da informação genética e hormonal, controle da homeostase e sua regulação fisiológica (Darnell, Lodish & Baltimore, 1990; Malnic, 1991; Mayer & Baldi, 1991). Deve ser realçado que todos esses meios de comunicação presentes no organismo sofrem alterações específicas dependendo do tipo de treinamento físico imposto ao atleta (Bunt, 1980; Shephard, Rhind & Shek, 1994).

Quando o organismo é composto por uma grande variedade de componentes estruturais e funcionais e há um alto grau de conectude entre eles, manifesta-se no organismo o fenômeno da variabilidade intrínseca (Manoel & Connolly, 1995; Mpitsos et alii, 1988). A variabilidade intrínseca tem a ver, por exemplo, com a afirmação feita anteriormente de que os subsistemas presentes nos organismos estão em contínuo processo de flutuação estrutural e funcional. Com relação a esse fenômeno, não existem explicações adequadas de como ele aparece no organismo, entretanto, Mpitsos et alii (1988) acreditam que a variabilidade intrínseca é fundamental para a manifestação de processos de auto-organização. A presença da variabilidade intrínseca orgânica foi comprovada por alguns pesquisadores: primeiro, pesquisas demonstraram que o choque epiléptico e o ataque cardíaco representam, ao contrário do que se pensa, uma diminuição da variabilidade inerente aos processos cerebrais e cardíacos (Elbert, Ray, Kowalik, Skinner, Graf & Birbaumer, 1994; Goldberger, Rigney & West, 1990; Prigogine & Stengers, 1992;). Segundo, estudos neuro-fisiológicos e cardiovasculares demonstraram que a variabilidade intrínseca deve ser vista como sinônimo de saúde enquanto que a estabilidade excessiva como sinal de doença (Elbert et alii, 1994; Gleick, 1990; Goldberger & Rigney, 1988; Goldberger alii, 1990). De fato, segundo Goldberger & Rigney

(1988) e Goldberger et alii (1990) o funcionamento orgânico caótico é sinônimo de saúde, enquanto que o comportamento periódico pode promover adoecimento progressivo; ou seja, a diminuição da variabilidade intrínseca com acentuação da periodicidade pode estar associada à doença (Goldberger et alii, 1988). Terceiro, Manoel & Connolly (1995) demonstraram que no processo de desenvolvimento do organismo as habilidades motoras tornam-se consistentes no nível macroscópico devido à manutenção da variabilidade existente no nível microscópico. Quarto, em termos genéticos ser puro - homogêneo é sinônimo de ser pobre porque uma população dotada de contribuições genéticas variadas tem condições de estar mais bem situada do que uma população empobrecida. Embora tornem-se progressivamente puros, a longo prazo, a variabilidade genética quando diminuída, pode resultar em perda da capacidade de procriação desta população (Jacquard, 1993; Jacob, 1989). Quinto, muitas reações metabólicas são catalisadas por enzimas controladoras de fluxo metabólico, sendo que isso as tornam capaz de controlar as concentrações dos substratos presentes nas principais vias metabólicas existentes na célula. Além disso, foi demonstrado que essas enzimas são responsáveis pela existência de oscilações temporais nas concentrações dos metabólitos destas vias (Prigogine & Stengers, 1988). Portanto, essas oscilações presentes no metabolismo celular também estão envolvidas com o fenômeno da variabilidade intrínseca. Sexto, sabemos que as concentrações hormonais não são fixas no organismo o tempo todo, na verdade, elas podem modificar-se espontaneamente (Cipolla-Neto & Campa, 1991) ou sob a influência de vários fatores: alimentação, estresse, envelhecimento, etc. (Newsholme & Leech, 1983). Assim, pode-se dizer que a variabilidade intrínseca é um fenômeno natural ao organismo e que deve ser preservada. Do exposto, pode-se afirmar que a melhor forma disso ser alcançado é através da manutenção ou aumento do grau de conectude existente entre os diversos sistemas e subsistemas presentes no organismo.

Esses conceitos mostram o porquê do gráfico na FIGURA 1 apresentar esse perfil como resultado da especialização esportiva. Este procedimento leva a esse efeito porque promove diminuição do grau de conectude entre os componentes do metabolismo celular com a conseqüente diminuição da ampliação (propagação) das flutuações metabólicas produzidas pelo estímulo do exercício físico. Portanto, o perfil da curva de rendimento físico mostrado neste gráfico pode ser o resultado da reorganização estrutural e funcional do organismo decorrente da sua adaptação promovida pelo treinamento, levando como conseqüência, ao amortecimento dos distúrbios orgânicos tornando o organismo cada vez mais resistente ao estímulo do exercício, sem ocorrer mudança efetiva de rendimento (Ford & Lerner, 1992; Jantsch, 1980; Kauffman, 1991; Prigogine & Stengers, 1984). Essa flutuação reversível do estado estável orgânico quando o exercício físico é imposto a um atleta altamente especializado, também pode ser explicada pelas idéias de Kauffman (citado por Lewin, 1994). Segundo esse autor, quando o estado de equilíbrio é atingido pelo organismo devido a aplicação de estímulos repetitivos, este adquire a capacidade de resistir à perturbações ambientais. Em conseqüência, há menor propagação dos efeitos dos estímulos para longe da origem. Assim, pode-se dizer que o treinamento físico especializado, orientado pelos princípios da sobrecarga e da especificidade adaptativa, por promover efeito diferenciado nas partes constituintes do organismo, pode diminuir a "qualidade" das regulações primárias nele presentes, resultando no aparecimento da barreira de rendimento físico. Portanto, como o próprio conceito de organismo implica em organização, podemos considerar as alterações celulares descritas anteriormente, induzidas pela especialização esportiva envolvendo treinamento de velocidade e de resistência aeróbia, modificações dessa organização no sentido negativo. Isso porque, a aplicação dos princípios da sobrecarga e da especificidade adaptativa ao treinamento esportivo induz efeitos específicos no organismo e modifica as interações apresentadas pelas diversas etapas do metabolismo celular. Portanto, podemos considerar tais princípios, fatores desestruturadores dos processos celulares presentes nestes organismos, podendo levar, como conseqüência, aos efeitos resumidos na FIGURA 1, onde se observa perda progressiva da capacidade de elevar o rendimento físico, mesmo quando sobrecargas adicionais (Weineck, 1991), dietas específicas (Economos, Bortz & Nelson, 1993) e uso de drogas (Yesalis & Bahrke, 1995) são impostos ao atleta.

Desta forma, pode-se dizer que a possibilidade do organismo do atleta sofrer os efeitos desestabilizantes do estímulo do exercício físico, com reação de supercompensação, está na dependência da sua organização estrutural e funcional, sendo a impossibilidade de mudança de rendimento físico, constatada nos exemplos da barreira de velocidade e de resistência aeróbia, explicada por nós tendo por base a noção de organização sistêmica do organismo (Bahg, 1990). Isso porque, quanto menor for a variedade estrutural e funcional e o grau de conectude entre os componentes do organismo (relações inter e intra-sistemas e entre os seus sub-sistemas), menor será o efeito desestabilizante do estímulo do exercício físico (Atlan, 1992; Ford

& Lerner, 1992; Prigogine & Stengers, 1984). A diminuição da variedade estrutural e funcional do metabolismo celular foi discutida e exemplificada com as adaptações metabólicas induzidas pelo treinamento físico unilateral das capacidades físicas de velocidade e de resistência aeróbia. Por exemplo, o treinamento de resistência aeróbia promove a longo prazo modificações na fibra muscular tornando-a mais parecida, em termos metabólicos, à do miocárdio. Isso significa redução da quantidade de fibras brancas do músculo esquelético ou diminuição da sua capacidade anaeróbia alática e láctica. Portanto, um fator possivelmente envolvido com a diminuição da variedade estrutural e funcional orgânica, assim como da sua própria variabilidade intrínseca é a existência de estabilidade e periodicidade excessiva nos estímulos ambientais. Isso pode acontecer porque o meio ambiente (macronível) impõe condições de coerção aos processos internos (micronível) existentes nos organismos (Ashby, 1970; Atlan, 1992; Jantsch, 1980; Manoel & Connolly, 1995; Prigogine & Stengers, 1984).

FUNÇÃO DAS ATIVIDADES MOTORAS VARIADAS

A exposição dos organismos a experiências ambientais variadas, com o propósito de favorecer o aumento ou a manutenção da interação das suas partes constituintes, e da própria variabilidade intrínseca, é o principal meio disponível para promovermos a preservação de um alto potencial de adaptabilidade aos organismos (Atlan, 1992; Ford & Lerner, 1992; Gould, 1990; Grosser, 1978; Klingsporn, 1973; Landin, Hebert & Fairweather, 1993; Manoel & Connolly, 1995; Shea & Kohl, 1990). Com isso, estamos propondo que a estimulação das regulações primárias é a melhor forma para se manter a integridade estrutural do organismo sendo a prática de experiências motoras variadas o procedimento a ser recomendado para se manter a efetividade dessas regulações, possivelmente responsáveis pela existência da variabilidade intrínseca (Ford & Lerner, 1992; Glass & Mackey, 1988; Mpitsos et alii, 1988). Entretanto, essa proposta não é nova. Na verdade, desde que a Teoria do Esquema de aprendizagem motora foi lançada por Schmidt (1975), que vários pesquisadores demonstraram interesse pela variabilidade de prática de habilidades motoras (Landin et alii, 1993; Manoel & Connolly, 1995; Shea & Kohl, 1990). De acordo com essa hipótese, a transferência de aprendizagem entre diversas habilidades motoras será aumentada com o incremento da variabilidade de prática (Schmidt, 1975). Essa proposta foi investigada e mostrou-se correta (Manoel & Connolly, 1995; Landin et alii, 1993; Shea & Kohl, 1990). Portanto, a introdução de variabilidade de prática de habilidades motoras no processo de treinamento físico tem respaldo nessa teoria. Contudo, essa teoria não nos diz nada a respeito da melhoria de rendimento físico propiciada pela supercompensação dos substratos energéticos do organismo ocorrida com o treinamento. Desta forma, para alcançarmos melhoria do rendimento físico a variabilidade de prática de habilidades motoras não é suficiente; ou seja, também temos que introduzir alta variabilidade de cargas no processo de treinamento físico para obtermos esse efeito.

Em termos esportivos, para estimularmos as regulações primárias com a conseqüente manutenção da capacidade adaptativa orgânica por longo tempo, a importância da variabilidade de experiências motoras e de cargas torna-se crucial, tanto para as modalidades esportivas individuais (atletismo e natação) como para as coletivas (voleibol, basquetebol, futebol, etc.). De fato, apesar do meio ambiente das modalidades coletivas ser fornecedor de imprevisibilidade elevada, os seus efeitos orgânicos são restritos a certos componentes estruturais e funcionais do organismo, principalmente daqueles componentes glicolítico alático e láctico do metabolismo celular (para os exemplos citados). Isso significa que a variabilidade ambiental específica de cada modalidade esportiva também pode afetar o organismo de maneira especializada, reduzindo concomitantemente a efetividade das regulações primárias, o que torna necessário, mesmo em modalidades coletivas, o treinamento físico variado em sentido genérico. Com a apresentação do conceito "feedwithin" (regulação primária) notamos que outros aspectos devem ser considerados na elaboração de um programa de treinamento. Ou seja, para o organismo manter uma alta capacidade adaptativa por longo tempo e responder efetivamente às exigências do estímulo do exercício físico, com aumento da sua capacidade regenerativa positiva - supercompensação -, ele deve possuir uma estrutura coordenativa interna bem desenvolvida, alcançada pela estimulação paralela dos processos adaptativos e das regulações primárias diretamente relacionadas com a coordenação dos eventos internos. Para tanto, a extensão do efeito da sobrecarga do exercício deve ser global/diversificada e não local/especializada, e a relação entre os diversos períodos de treinamento proposto por Matveyev (1977) deve assumir uma estrutura diferente - mais flexível - da que é atualmente adotada. Pelo fato de termos neste

trabalho apenas interesses teóricos pela variabilidade de prática motora e de cargas, não apresentaremos nenhum procedimento para a sua implementação. Este aspecto do trabalho será desenvolvido posteriormente. Entretanto, podemos adiantar que a aplicação de conteúdos, de métodos e de cargas diferentes pode induzir novos desenvolvimentos da condição física de atletas especializados ou de indivíduos comuns, principalmente se eles tiverem treinado com procedimentos e conteúdos idênticos por longo tempo.

CONCLUSÃO

O perfil da curva mostrada na FIGURA 1 representa o surgimento progressivo da barreira de rendimento físico no organismo de atletas especialistas em provas de velocidade ou de resistência aeróbia. O aparecimento desse problema é por nós explicado recorrendo-se aos efeitos propiciados pela aplicação dos princípios da sobrecarga e da especificidade adaptativa ao treinamento físico. De maneira geral, acredita-se que a aplicação desses princípios ao treinamento promove o desenvolvimento progressivo de resistência orgânica aos efeitos desestabilizantes da sua homeostase pelo estímulo do exercício físico. Entretanto, não encontramos qualquer explicação satisfatória para a manifestação desse efeito no organismo do atleta. Para superar esse problema, Tschien (1989) recomenda o aumento da intensidade do exercício nas sessões diárias de treinamento ou a participação freqüente em competições esportivas, acreditando que a solicitação física máxima, vivenciada constantemente pelo atleta, induzirá novos estados de adaptação com a conseqüente melhoria do rendimento físico. Entretanto, em função do que foi exposto neste trabalho, acreditamos que a baixa conectude interna desenvolvida no organismo do atleta, devido a aplicação destes princípios de treinamento sem variabilidade de experiências motoras e de cargas, pode ser o principal fator responsável pela perda da flexibilidade adaptativa destes indivíduos. Ou seja, é possível que essa baixa conectude orgânica e celular seja o principal fator responsável pelo perfil da curva mostrada na FIGURA 1. A proposta de introduzir no programa de treinamento uma alta variabilidade de experiências motoras, sobrecargas, conteúdos e métodos de treinamento pode resultar em retardo na obtenção de melhoria do rendimento físico. Entretanto, acreditamos que esse problema pode ser compensado pelo ganho de maior longevidade esportiva para o atleta.

ABSTRACT

FUNCTION OF VARIED MOTOR ACTIVITIES TO PHYSICAL PERFORMANCE: BIOCHEMICAL ASPECTS

The overload and specificity, which are modeled under the adaptive paradigm, are both the major principles that underlies the physical training theory. These principles explain the short and long term adaptation which result from physical exercise training schedule. However, training under the guidelines given by these principles may, in the long run, induce a physical performance barrier. For example: a) the loss of speed improvement in trained athletes; and b) the decrement in the rate of mitochondrial synthesis caused by prolonged endurance training. According to the self-organizing systems theory, the organic systems and its subsystems should be highly connected in order to maintain homeostasis or to respond to the destabilizing stimuli with supercompensation. However, the specialization in sport cause specific organic and cellular adaptations which disrupt the connections between these organism substructures. This in turn might explain why the physical performance may become impaired. In this essay the role of variability in physical training programs as a mean to hamper the performance barrier is presented and discussed.

UNITERMS: Adaptation; Self-organization; Chaos; Cybernetics; Dissipative structures; Fatigue; Cellular metabolism; Sportive training; Supercompensation; Variability.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERNETH, P.J.; JÜRIMÄE, J.; LOGAN, P.A.; TAYLOR, A.W.; THAYER, R. Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Medicine*, v.17, p.22-8, 1994.
- ALBERNETH, P.J.; THAYER, R.; TAYLOR, A.W. Acute and chronic responses of skeletal muscle to endurance and sprint exercise. *Sports Medicine*, v.10, p.365-89, 1990.
- ANOKHIN, P.K. The functional system as a unit of organism integrative activity. In: SYSTEMS SYMPOSIUM, 3., 1966. *System theory and biology: proceedings*. Berlin, Springer, 1968.
- APPLE, F.S.; RODGERS, M.A. Skeletal muscle lactate dehydrogenase isoenzyme alterations in men and women marathon runners. *Journal of Applied Physiology*, v.61, p.447-81, 1986.
- ASHBY, W.R. *Introdução à cibernética*. São Paulo, Perspectiva, 1970.
- ATLAN, H. *Entre o cristal e a fumaça: ensaio sobre a organização do ser vivo*. Rio de Janeiro, Zahar, 1992.
- BAHG, C.G. Major systems theories throughout the world. *Behavioral Science*, v.35, p.79-107, 1990.
- BAK, P.; CHEN, K. Self-organized criticality. *Scientific American*, v.264, p.46-53, 1991.
- BALDWIN, K.M.; WINDER, W.W.; TERJUNG, R.L.; HOLLOSZY, J.O. Glycolytic enzymes in different types of skeletal muscle: adaptation to exercise. *American Journal of Physiology*, v.225, p.962-6, 1973.
- BANISTER, E.W.; CAMERON, B.J.C. Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *International Journal of Sports Medicine*, v.11, p.S129-S142, 1990.
- BARBANTI, V.J. *Treinamento físico: bases científicas*. São Paulo, CLR Balieiro, 1988.
- BERLIN, I. *Limites da utopia*. São Paulo, CIA das Letras, 1991.
- BERTALANFFY, L.V. *Teoria geral dos sistemas*. São Paulo, Vozes, 1977.
- BOGART, D. Feedback, feedforward, and feedwithin: strategic information in systems. *Behavioral Science*, v.25, p.237-49, 1980.
- BONEN, A.; McDERMONT, J.C.; HUTBER, C.A. Carbohydrate metabolism in skeletal muscle: an update of current concepts. *International Journal of Sports Medicine*, v.10, p.385-401, 1989.
- BOOTH, F. Perspectives on molecular and cellular physiology. *Journal of Applied Physiology*, v.65, p.1461-71, 1988.
- BOOTH, F.; THOMASON, D. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. *Physiological Review*, v.71, p.541-85, 1991.
- BRECHUE, W.F.; GROPP, K.E.; AMEREDES, B.T.; O'DROBINAK, D.M.; STAINSBY, W.N.; HARVEY J.W. Metabolic and work capacity of skeletal muscle of PFK-deficient dogs studied in situ. *Journal of Applied Physiology*, v.77, p.2456-67, 1994.
- BROOKS, G.A.; MERCIER, J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *Journal of Applied Physiology*, v.76, p.2253-61, 1994.
- BUNT, J.C. Hormonal alterations due to exercise. *Sports Medicine*, v.3, p.331-45, 1980.
- CHEN, J.; GOLLNICK, P.D. Effect of exercise on hexokinase distribution and mitochondrial respiration in skeletal muscle. *European Journal of Physiology*, v.427, p.257-63, 1994.
- CIPOLLA-NETO, J.; CAMPA, A. Ritmos biológicos. In: AIRES, M.M., ed. *Fisiologia*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1991. p.17-9.
- CONNETT, R.J.; HONIG, C.R.; GAYESKI, T.E.; BROOKS, G.A. Defining hypoxia: a systems view of V_{O_2} , glycolysis, energetics, and intracellular pO_2 . *Journal of Applied Physiology*, v.68, p.833-42, 1990.
- DARNELL, J.; LODISH, H.; BALTIMORE, D. *Molecular cell biology*. New York, Scientific American, 1990.
- DAVIES, K.J.; PACKER, L.; BROOKS, G.A. Biochemical adaptation of mitochondria, muscle, and whole-animal respiration to endurance training. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v.209, p.539-54, 1981.
- _____. Exercise bioenergetics following sprint training. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v.215, p.260-5, 1982a.
- DAVIES, K.J.; QUINTANILHA, A.T.; BROOKS, G.A.; PACKER, L. Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, v.107, p.1198-205, 1982b.
- DUAN, C.; WINDER, W.W. Effect of endurance training on activators of glycolysis in muscle during exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.76, p.846-52, 1994.
- DUDLEY G.A.; ABRAHAM, W.M.; TERJUNG, R.L. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, v.53, p.844-50, 1982.
- ECONOMOS, C.D.; BORTZ, S.S.; NELSON, M.E. Nutritional practices of elite athletes. *Sports Medicine*, v.16, p.381-99, 1993.
- ELBERT, T.; RAY W.J.; KOWALIK, Z.T.; SKINNER, J.E.; GRAF K.E.; BIRBAUMER, N. Chaos and physiology: deterministic chaos in excitable cell assemblies. *Physiological Review*, v.74, p.1-47, 1994.
- FITTS, R.H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Review*, v.74, p.49-94, 1994.
- FITTS, R.H.; BOOTH, F.W.; WINDER, W.W.; HOLLOSZY J.O. Skeletal muscle respiratory capacity, endurance and glycogen utilization. *American Journal of Physiology*, v.228, p.1029-33, 1975.

- FORD, D.H.; LERNER, R.M. **Developmental systems theory: an integrative approach.** Newsbourn Park, CA, Sage, 1992.
- FOSTER, C.F.; HECTOR, L.L.; WELSH, R.; SCHRAGU, M.; GREEN, M.A.; SNYDER, A.C. Effects of specific versus cross-training on running performance. **European Journal of Applied Physiology**, v.70, p.367-72, 1995.
- FRY, R.W.; MORTON, A.R.; KEAST, D. Periodization of training stress: a review. **Canadian Journal of Sports Science**, v.17, p.234-40, 1992
- GARDINER, P.F. Effects of exercise training on components of the motor unit. **Canadian Journal of Sports Science**, v.16, p.271-88, 1991.
- GLASS, L.; MACKEY, M.C. **From clocks to chaos: the rhythms of life.** New Jersey, Princeton University Press, 1988.
- GLEICK, J. **Caos.** São Paulo, Campus, 1990.
- GOLDBERGER, L.A.; RIGNEY, D.R. Sudden death is not chaos. In: KELSO, J.A.S.; MANDELL, A.J.; SHLESINGER, M.F., eds. **Dinamic patterns in complex systems.** Singapore, World Scientific, 1988. p.248-64.
- GOLDBERGER, L.A.; RIGNEY, D.R.; WEST, B.J. Chaos and fractals in human physiology. **Scientific American**, v.262, p.35-41, 1990.
- GOLLNICK, P.D.; BERTOCCI, L.A.; KELSO, T.B.; WITT, E.H.; HODGSON, D.R. The effect of high intensity exercise on the respiratory capacity of skeletal muscle. **European Journal of Physiology**, v.415, p.407-13, 1990.
- GOLLNICK, P.D.; RIEDY, M.; QUINTINSKIE, J.J.; BERTOCCI, L.A. Differences in metabolic potential of skeletal muscle fibres and their significance for metabolic control. **Journal of Experimental Biology**, v.115, p.191-9, 1985.
- GONZÁLEZ, A. La metodologia del entrenamiento y su aplicación práctica. **Stadium**, v.165, p.24-32, 1994.
- GOULD, S.J. **Vida maravilhosa: o acaso na evolução e a natureza da história.** São Paulo, CIA das Letras, 1990.
- GROSSER, M. Fundamentos das cargas e periodização do treinamento. In: SEMINÁRIO para técnicos. Rio de Janeiro, MEC/SEED, 1978. p.1-9.
- HAWLEY, J.A.; HOPKINS, W.G. Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power systems: a new paradigm with implications for endurance and ultraendurance events. **Sports Medicine**, v.19, p.240-50, 1995.
- HELLSTEN, Y. Xanthine dehydrogenase and purine metabolism in man. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.151, p.S1-S73, 1993.
- HERMANSEN, L.; HULTMAN, E.; SALTIN, B. Muscle glycogen during prolonged severe exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.71, p.S129-S139, 1967.
- HOCHACHKA, P.W. Fuels and pathways as designed systems for support of muscle work. **Journal of Experimental Biology**, v.115, p.149-64, 1985.
- HOLLMAN, W.; HETTINGER, T. **Medicina de esporte.** São Paulo, Manole, 1989.
- HOLLOSZY, J.O. Adaptation of skeletal muscle to endurance exercise. **Medicine and Science in Sports**, v.7, p.155-64, 1975.
- HOLLOSZY, J.O.; COYLE, E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. **Journal of Applied Physiology**, v.56, p.831-8, 1984.
- JACOB, F. **O jogo dos possíveis: ensaio sobre a diversidade do mundo vivo.** Lisboa, Gradiva, 1989.
- JACQUARD, A. O Ecogeneticista. In: SERÁ Preciso Queimar Decartes? Entrevistas de Guita Pessis-Pasternak. Lisboa, Relógio D'água, 1993. p.139-49.
- JANTSCH, E. **The self-organizing universe.** Oxford, Pergamon, 1980.
- KARLSSON, J.; SJODIN, B.; THORSTENSSON, A.; HULTEN, B.; FRITH, K. LDH isoenzymes in skeletal muscles of endurance and strength trained athletes. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.93, p.150-6, 1975.
- KAUFFMAN, S. Antichaos and adaptation. **Scientific American**, v.265, p.64-70, 1991.
- KLINGSPORN, M.J. The significance of variability. **Behavioral Science**, v.18, p.441-7, 1973.
- KRAUS, W.E.; BERNARD, T.S.; WILLIAMS, R.S. Interactions between sustained contractile activity and β -adrenergic receptors in regulation of gene expression in skeletal muscles. **American Journal of Physiology**, v.256, p.C506-C514, 1989.
- LANDIN, D.K.; HEBERT, E.P.; FAIRWEATHER, M. The effects of variable practice on the performance of a basquetebol skill. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.64, p.232-7, 1993.
- LEWIN, R. **Complexidade: a vida no limite do caos.** Rio de Janeiro, Rocco, 1994.
- LOWENSTEIN, J.M. The purine nucleotide cycle revised. **International Journal of Sports Medicine**, v.11, p.S37-S46, 1990.
- LOYE, D.; EISLER, R. Chaos and transformation: implications of nonequilibrium theory for social science and society. **Behavioral Science**, v.32, p.53-65, 1987.
- McCAFERTHY, W.B.; HOWARTH, S.M. Specificity of exercise and specificity of training: a subcellular review. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.48, p.358-71, 1973.
- MALNIC, G. Homeostase, regulação e controle em fisiologia. In: AIRES, M.M., ed. **Fisiologia.** Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1991. p.7-16.

- MANOEL, E.J.; CONNOLLY, K.J. Variability and the development of skilled actions. **International Journal of Psychophysiology**, v.19, p.129-47, 1995.
- MATVEYEV, L. **Periodization del entrenamiento deportivo**. Trad. de Daniel Romero. Madrid, INEF 1977.
- MAUGHAN, R.J. Aerobic function. **Sport Science Review**, v.1, p.28-42, 1992.
- MAYER, E.A.; BALDI, J.P. Can regulatory peptides be regarded as words of biological language? **American Journal of Physiology**, v.261, p.G171-G184, 1991.
- MILLER, J.G. **Living systems**. New York, McGraw-Hill, 1978.
- MPITSOS, G.J.; CREECH, H.C.; COHAN, C.S.; MENDELSON, M. Variability and chaos: neurointegrative principles in self-organization of motor patterns. In: KELSO, J.A.S.; MANDELL, A.J.; SHLESINGER, M.F., eds. **Dynamic patterns in complex systems**. Singapore, World Scientific, 1988. p.162-90.
- NEWSHOLME, E.A.; LEECH, A.R. **Biochemistry for the medical sciences**. London, John Wiley, 1983.
- PEREIRA, B. Exercício físico como pró-oxidante. **Revista Paulista de Educação Física**, v.8, n.2, p.77-89, 1994.
- _____. **Superóxido dismutase: resposta adaptativa ao exercício físico**. São Paulo, 1991. 107p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo.
- PEREIRA, B.; COSTA ROSA, L.F.B.; SAFI, D.A.; MEDEIROS, M.H.G.; CURI, R.; BECHARA, E.J.H. Superoxide dismutase, catalase, and glutathione peroxidase activities in muscle and lymphoid organs of sedentary and exercise-trained rats. **Physiology and Behavior**, v.56, p.1095-9, 1994.
- PRIGOGINE, I. A desordem organizadora. In: SERÁ preciso queimar Decartes? Entrevistas de Guita Pessis-Pasternak. Lisboa, Relógio D'água, 1993.
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **Entre o tempo e a eternidade**. São Paulo, CIA das Letras, 1992.
- _____. **A nova aliança**. Brasília, UnB, 1984.
- _____. **Order out of chaos**. New York, Bantam Book, 1988.
- RUTHEN, R. Adapting to complexity. **Scientific American**, v.268, p.110-7, 1993.
- SAHAL, D. Structure and self-organization. **Behavioral Science**, v.27, p.249-58, 1982.
- SALTIN, B.; GOLLNICK, P.D. Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. In: REACHEY, L.D.; ADRIAN, R.A., eds. **Handbook of physiology: skeletal muscle**. Bethesda, MD, American Physiological Society, 1983. p.555-631.
- SALTIN, B.; ROWELL, L.B. Functional adaptations to physical activity and inactivity. **Federation Proceedings**, v.39, p.1506-13, 1980.
- SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor learning. **Psychological Review**, v.82, p.225-60, 1975.
- SEEDORF U.; LEBERER, E.; KIRSCHBAUM, B.J.; PETTE, D. Neural control of gene expression in skeletal muscle: effects of chronic stimulation on lactate dehydrogenase isoenzymes and cytrate synthase. **Biochemical Journal**, v.239, p.115-20, 1986.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, University of Illinois Press, 1949.
- SHEA, C.H.; KOHL, R.M. Specificity and variability of practice. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.61, p.169-77, 1990.
- SHEPHARD, R.J.; RHIND, S.; SHEK, P.N. Exercise and the immune systems: natural killer cell, interleukins and related responses. **Sports Medicine**, v.18, p.340-69, 1994.
- SIMONEAU, J.A.; PETTE, D. Species-specific responses of muscle LDH isoenzymes to increased contractile activity. **European Journal of Physiology**, v.413, p.679-81, 1989.
- SJODIN, B. Anaerobic function. **Sport Science Review**, v.1, p.13-27, 1992.
- SOUSSI, B.; IDSTROM, J.P.; SCHERSTEN, T.; BYLUND-FELLENIIUS, A.C. Cytochrome C oxidase and cardiolipin alterations in response to skeletal muscle ischaemia and reperfusion. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.138, p.107-14, 1990.
- STATHIS, C.G.; FEBBRAIO, M.A.; CAREY, M.F.; SNOW, R.J. Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. **Journal of Applied Physiology**, v.76, p.1802-9, 1994.
- TANAKA, H. Effects of cross-training: transfer of training effects on VO_{2max} between cycling, running and swimming. **Sports Medicine**, v.18, p.330-9, 1994.
- TESCHI, P.A.; THORSSON, A.; ESSEN-GUSTAVSSON, B. Enzyme activities of FT and ST muscle fibers in heavy-resistance trained athletes. **Journal of Applied Physiology**, v.67, p.83-7, 1989.
- THOM, R. **Parabolas e catastrofes**. Lisboa, Dom Quixote, 1985.
- TIKKANEN, H.O.; NÄVERI, H.K.; HÄRKÖNEN, M.H. Alteration of regulatory enzyme activities in fast-twitch and slow-twitch muscles and muscle fibres in low-intensity endurance-trained rats. **European Journal of Applied Physiology**, v.70, p.281-7, 1995.
- TSCHIENE, P. Por una teoria distinta del entrenamiento. **Stadium**, v.138, p.38-43, 1989.
- TULLSON, P.C.; TERJUNG, R.L. Adenine nucleotide degradation in striated muscle. **International Journal of Sports Medicine**, v.11, p.S47-S55, 1990.
- VERCHOSANSKIJ, J. La adaptacion a largo plazo. **Stadium**, v.153, p.3-10, 1992.

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

1. A Revista Paulista de Educação Física é uma publicação da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.
2. Serão considerados para publicação investigações originais, artigos de revisão e ensaios, sob condição de serem contribuições exclusivas para esta Revista, ou seja, que não tenham sido, nem venham a ser publicadas em outros locais.
3. Todos os textos e ilustrações publicados tornar-se-ão propriedade da Revista Paulista de Educação Física. Os trabalhos não aceitos para publicação ficarão à disposição do autor.
4. A responsabilidade pelas afirmações e opiniões contidas nos trabalhos caberá inteiramente ao(s) autor(es).
5. Autores nacionais deverão enviar textos em português (com exceção do "abstract" em inglês). Autores estrangeiros deverão enviar os textos em inglês.
6. Os originais deverão conter de 15 a 40 laudas, incluindo resumo, tabelas, ilustrações e referências bibliográficas. Deverão ser enviados o original e duas cópias completas, datilografadas em espaço duplo, com 24 linhas de 65 caracteres cada. O formato do papel deverá ser A4. A impressão, em cor preta, deverá ser de um só lado da folha utilizando-se de máquinas elétricas ou eletrônicas com elementos de escrita PICA ou COURIER com espaçamento de 10 caracteres por polegada. **Recomenda-se aos autores encaminharem seus textos em arquivos armazenados em disquetes de 360 kbytes processados por editor de texto PC-XT-AT 16 bits, preferencialmente utilizando o Programa Word versão 5.0 da Microsoft. Os disquetes serão devolvidos posteriormente.**
7. A página título deverá conter apenas o título, o(s) nome(s) do(s) autor(es), o(s) nome(s) da(s) instituição(ões) e o endereço para correspondência.
8. A página-resumo deverá conter um resumo com não mais de 20 linhas de 65 caracteres cada, num único parágrafo, especificando o objetivo do trabalho, uma breve descrição da metodologia, os principais achados e as conclusões.
9. A página de "abstract" deverá conter a versão do título e do resumo em inglês, observando-se as mesmas orientações para o resumo em português. Os unitermos também deverão ser traduzidos.
10. As notas de rodapé deverão ser evitadas; quando necessárias, que sejam colocadas no final do texto, antes das referências bibliográficas.
11. O sistema de medidas básico a ser utilizado na Revista deverá ser o "Système International d'Unités".
12. Como regra geral, só deverão ser utilizadas abreviaturas e símbolos padronizados. Se abreviações não familiares forem utilizadas, recomenda-se a definição das mesmas no momento da primeira aparição no texto.
13. As páginas deverão ser numeradas no canto superior, a começar da página-título e deverão estar arrumadas na seguinte ordem: página-título, página-resumo (incluindo os unitermos), texto, página de "abstract" (incluindo os "uniterms"), referências bibliográficas, títulos e legendas de tabelas e ilustrações, tabelas e ilustrações originais.
14. As ilustrações deverão ser numeradas com algarismos arábicos na ordem em que serão inseridas no texto e apresentadas em folhas separadas. O mesmo procedimento deverá ser observado quanto às tabelas que receberão numeração independente. Os números deverão aparecer também nas costas de todos os originais e cópias para melhor identificação. Legendas para as ilustrações e tabelas deverão ser datilografadas em espaço duplo, em uma página separada, colocada após a lista de referências que segue o texto. A posição de cada ilustração ou tabela no texto, deverá ser indicada na margem esquerda do trabalho. Os gráficos deverão ser feitos, preferivelmente, em papel vegetal, sempre a nanquim preto. Recomenda-se que suas letras, números e palavras (quando houver) sejam feitos com o uso de normógrafo ou letras de máquina "composer", obedecendo os padrões tipográficos da Revista. As fotografias deverão ser em branco e preto e em papel brilhante, com dimensões mínimas de 12 x 17cm e máxima de 17 x 22cm. Apenas um conjunto de fotografias originais e mais dois conjuntos de cópias serão suficientes.
15. Algarismos arábicos deverão ser usados para a numeração de todas as tabelas. Cada tabela deverá ter um cabeçalho breve e os títulos das colunas deverão, sempre que possível, ser abreviados. As tabelas não deverão duplicar material do texto ou das ilustrações. Casas decimais não significativas deverão ser omitidas. Linhas horizontais deverão ser traçadas acima das tabelas, logo abaixo dos títulos das colunas e abaixo da tabela. Não deverão ser usadas linhas verticais. Se necessário, espaços entre as colunas deverão ser usados, ao invés de linhas verticais. Anotações nas tabelas deverão ser indicadas por asteriscos. Para atender às necessidades de diagramação e paginação, todas as ilustrações poderão ser reduzidas.
16. Referências bibliográficas: as condições exigidas para fazer referência às publicações mencionadas no trabalho serão estabelecidas segundo as orientações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), expressas na norma NB-66 (NBR 6023).
17. O original, as duas cópias completas e o disquete deverão ser enviados ao Diretor Responsável da Revista Paulista de Educação Física, Av. Prof. Mello Moraes, 65, CEP 05508-900, Butantã, São Paulo - SP.

APOIO:

