

Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de posicionamento linear com reversão

Variability and adaptive process in the learning of a linear positioning task

BENDA, R.N.; CORRÊA, U.C.; OLIVEIRA, D.L.; UGRINOWITSCH, H.; TANI, G. ALMEIDA, H.O.; COSTA, E.B.; PERKUSICH, A. Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de posicionamento linear com reversão. *R. bras. Ci e Mov.* 2005; 13(1): 7-12.

RESUMO - Com base num modelo de não equilíbrio de a aprendizagem motora esse estudo investigou o papel da variabilidade no processo adaptativo. Foi questionado se a variabilidade observada em diferentes estados do sistema era de natureza distinta. Dois experimentos foram realizados. No primeiro, 45 universitários voluntários, divididos aleatoriamente em três grupos conforme a situação experimental (pré-estabilização, estabilização e super-estabilização) praticaram uma tarefa de posicionamento linear com reversão. O experimento constou de duas fases: estabilização e adaptação. Cada grupo foi dividido conforme o nível de variabilidade no último bloco de tentativas da primeira fase, resultando em grupos de alta e baixa variabilidade. O teste de Friedman foi realizado para a análise intra-grupo e o teste de Man Whitney foi utilizado para a análise inter-grupos. Os resultados mostraram que a alta variabilidade após a estabilização pode ter natureza construtiva. No segundo experimento, 60 universitários voluntários realizaram a mesma tarefa e procedimentos do experimento anterior, porém sem o fornecimento de conhecimento de resultados (CR) na fase de adaptação. Os resultados mostraram semelhantes efeitos para os grupos de alta e baixa variabilidade em diferentes estados, no processo adaptativo. São considerados na discussão o tipo e o nível de perturbação, o tipo de tarefa e o tipo de variabilidade. Concluiu-se que, para a análise da variabilidade, é importante considerar também a variabilidade do padrão de movimento, pois além da informação sobre o produto da ação, é possível conhecer o seu processo.

PALAVRAS-CHAVE – Variabilidade, Processo Adaptativo, Aprendizagem Motora.

BENDA, R.N.; CORRÊA, U.C.; OLIVEIRA, D.L.; UGRINOWITSCH, H.; TANI, G. ALMEIDA, H.O.; COSTA, E.B.; PERKUSICH, A. Variability and adaptive process in the learning of a linear positioning task. *R. bras. Ci e Mov.* 2005; 13(1): 7-12.

Abstract - Based on non-equilibrium model of motor learning this study investigated the role of the variability in adaptive process. It was questioned if the variability observed in different states of the system was from distinct nature. Two experiments were realized. In the first, 45 undergraduate students volunteers, randomly divided in three groups as experimental situation (pre-stabilization, stabilization and super-stabilization) practiced a linear positioning with reversion task. The experiment consisted of two phases: stabilization and adaptation. Each group was divided according to the variability level on last block of trials of first phase, resulting in groups of high and low variability. Friedman test was realized to the intra-group analysis and Man Whitney test was utilized to inter-groups analysis. The results showed that the high variability after the stabilization could have constructive nature. In the second experiment, 60 undergraduate students volunteers realized the same task and procedures of previous experiment, however without knowledge of results (KR) in the adaptation phase. The results did not show effects different for the high and low variability groups in different states of system in adaptive process. It was considered in the discussion, the kind and level of perturbation, the kind of task and the kind of variability. It was concluded that to the variability analysis, it is important to consider the movement pattern variability, because beyond the information about action product, it is possible to know its process.

KEYWORDS – Variability, Adaptive Process, Motor Learning.

Rodolfo Novellino Benda
Umberto Cesar Corrêa
Dalton Lustosa de Oliveira
Herbert Ugrinowitsch
Go Tani

Recebimento: 11/01/2004
Aceite: 03/11/2004

Introdução

Teorias correntes e modelos descritivos de aprendizagem motora^{1 7 8 9 17} buscam explicá-la como um processo que se desenvolve por fases caracterizadas, inicialmente, por elevada quantidade de erros, inconsistência e alta demanda de atenção e, posteriormente, por poucos erros, consistência e pouca demanda de atenção. Esse desenvolvimento por fases ocorre via atuação de feedback negativo como um mecanismo de detecção e correção de erros²¹. Um exemplo de processos como esse se refere àquele executado pelo termostato: após ser estabelecida a meta a ser atingida, o termostato informa constantemente o sistema sobre a diferença entre a temperatura atual e aquela desejada, e somente desarma o refrigerador quando a diferença for nula, responsabilizando, a partir desse momento, pela manutenção do estado alcançado. Vistas dessa forma, modelos e teorias de aprendizagem motora caracterizam-se como modelos de equilíbrio termodinâmico. Conforme exemplificado, modelos dessa natureza são capazes de explicar a formação e a manutenção de uma estrutura, mas são limitados para explicar como novas estruturas são formadas a partir daquelas já existentes.

Contudo, seres humanos são sistemas abertos, ou seja, sistemas em não-equilíbrio que mudam, evoluem e evitam o aumento de entropia, através da troca constante de matéria/energia e informação com o meio ambiente⁴. Uma propriedade importante dos sistemas abertos é que estão sempre em busca de estados mais complexos de organização, sendo que o alcance desses estados implica perturbação no sistema ou ampliação do desvio¹⁴, ou seja, dismantelamento da estrutura. Em outras palavras, a formação de novas estruturas pressupõe instabilidade no sistema^{15 16 10 11}.

Com base nesses aspectos, um modelo de não-equilíbrio em aprendizagem motora tem sido proposto^{20 21 18 22}, que envolve duas fases: estabilização e adaptação. A estabilização ou automatização, sugerida como fase final da aprendizagem nos modelos de equilíbrio, nesse modelo representa apenas um estágio dentro de um processo contínuo de mudança, atingida por meio do feedback negativo, que

resulta na padronização espaço-temporal da ação. A inconsistência inicial e a falta de coordenação dos movimentos são gradualmente eliminadas, dando lugar a movimentos coordenados e precisos. Nesse momento a função estabiliza e infere-se que uma estrutura foi formada.

Contudo, em uma perspectiva de não equilíbrio, a aprendizagem motora não se encerra com a estabilização ou automatização, mas é vista como um processo contínuo, pois quando uma estrutura já existente é perturbada, se modifica, e a sua reorganização leva a um aumento de complexidade, quando ocorre a segunda fase: adaptação. Dessa forma, a aprendizagem passa a ser vista como um processo adaptativo²⁰. Em alguns casos, a adaptação pode ser feita por meio da própria flexibilidade do sistema. Todavia, existem perturbações que exigem modificações na estrutura da habilidade alcançada através da sua reorganização em nível superior de complexidade.

Conforme Tani, "... quando a aprendizagem motora é vista apenas como um processo de estabilização de performance, a aleatoriedade, a variabilidade, o ruído, a desordem, ou seja, aqueles fatores relacionados com a entropia positiva são elementos que necessitam ser reduzidos ou eliminados via feedback negativo para que a estabilização ocorra. Entretanto, quando a aprendizagem motora é vista como um processo além da estabilização, isto é, como um processo adaptativo, esses fatores de desordem necessitam ser reconsiderados"¹⁹ (p. 56).

Esses fatores começaram a ser investigados, como o papel da perturbação^{23 24}, da incerteza²⁵, da variabilidade de prática^{5 6}, e da variabilidade^{2 3}. Porém, em relação à variabilidade, uma questão ainda precisa ser melhor investigada: a variabilidade observada em diferentes estados do sistema (antes e após a estabilização) é de natureza distinta? Destaca-se que esses questionamentos já foram levantados por Manoel e Connolly^{12 13} e Tani^{18 19}.

Primeiro Experimento

Método

Sujeitos: participaram deste experimento 45 estudantes universitários voluntários, sendo 21 do sexo masculino e 24 do sexo

feminino, com a idade média de 22,93 anos ($\pm 3,6$). Nenhum sujeito tinha experiência com a tarefa utilizada.

Instrumento e tarefa: foi utilizado como instrumento o aparelho de posicionamento linear (modelo 31.202 - *Lafayette Instrument*), o qual mede a distância percorrida por um cursor que desliza sobre um trilho. A tarefa consistiu em realizar uma seqüência de três movimentos com reversão, utilizando-se a mão não dominante, sem a informação visual.

Delineamento e procedimentos: os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente em três grupos ($n=15$). O primeiro grupo foi denominado pré-estabilização (GP), pois realizou um número de tentativas insuficiente para a estabilização; o segundo grupo, denominado estabilização (GE), realizou um número de tentativas suficiente para a estabilização; e o terceiro grupo, super-estabilização (GS), executou um número de tentativas além da estabilização. O experimento apresentou duas fases: estabilização e adaptação. Na fase de estabilização, o GP realizou quinze (15) tentativas, o GE realizou cinquenta (50) tentativas e o GS realizou cento e cinquenta (150) tentativas. Os três grupos executaram trinta (30) tentativas na fase de adaptação. O número de tentativas para cada grupo foi determinado por estudos piloto. Foi fornecido conhecimento de resultados (CR) em relação à magnitude e direção do erro, para todos os grupos, nas duas fases do experimento.

O experimento foi realizado no LACOM (Laboratório de Comportamento Motor - EEF/E/USP). Os experimentadores receberam cada sujeito, preencheram uma ficha com seus dados pessoais e informaram sobre o instrumento. Em seguida, perguntaram sobre a mão não dominante e pediram para que se posicionassem de maneira correta e confortável em frente ao aparelho. Também, foram fornecidas as instruções acerca da tarefa da fase de estabilização e esclarecidas eventuais dúvidas.

Uma vez compreendida a tarefa, o sujeito tinha os olhos vendados e iniciou as tentativas. Após cada tentativa, um experimentador forneceu CR e retornou o cursor à posição inicial, enquanto o outro anotou os resultados obtidos. O GP realizou toda a fase de estabilização sem intervalo de repouso. O GE teve um intervalo de repouso de dois minutos

após a vigésima quinta tentativa *no GE* e o GS após cada trinta tentativas.

Na fase de estabilização, os sujeitos deveriam mover o cursor 50 centímetros para a esquerda, retorná-lo ao ponto inicial e, em seguida, movê-lo novamente 30 centímetros na direção do primeiro movimento. O ponto inicial situou-se a 20 centímetros da lateral direita do instrumento.

Após o término da fase de estabilização, houve um intervalo de dois minutos de repouso para todos os grupos, quando as instruções sobre a fase de adaptação foram fornecidas. Nessa fase, a distância a ser atingida após o retorno do cursor à posição inicial foi alterada de 30 para 20 centímetros, com a intenção de perturbar o sistema. Após a compreensão da nova tarefa, executou-se trinta tentativas sem intervalo de repouso.

Análise dos dados: para a análise intra-grupos, utilizou-se o teste de Friedman com risco alfa estabelecido em $p<0,05$ e para a análise inter-grupos, foi utilizado o teste de Man Whitney, com o risco alfa ajustado devido às medidas repetidas ($p<0,0072$).

Resultados e discussão

Para investigar se a variabilidade observada em diferentes estados do sistema (antes e após a estabilização) é de natureza distinta, cada grupo foi dividido conforme o nível de variabilidade (desvio padrão do erro absoluto) no último bloco de tentativas, em três subgrupos (alta, média e baixa variabilidade). Para fins de análise, descartou-se o subgrupo de média variabilidade, resultando em seis subgrupos ($n=5$): GPB (pré-estabilização baixa variabilidade), GPA (pré-estabilização alta variabilidade), GEB (estabilização baixa variabilidade), GEA (estabilização alta variabilidade), GSB (super-estabilização baixa variabilidade) e GSA (super-estabilização alta variabilidade). Realizou-se o teste de Man Whitney para verificar se a divisão resultou realmente em grupos diferentes. Na comparação entre o GPB e GPA encontrou-se $z(n=5)=-2,61$ e $p<0,009$. Entre GEB e GEA, encontrou-se $z(n=5)=-2,61$ e $p<0,009$ e entre GSB e GSA, encontrou-se $z(n=5)=-2,61$ e $p<0,009$. A divisão então resultou em seis grupos diferentes. Assim, procedeu-se a comparação entre os grupos de baixa e alta variabilidade (GPB - GPA, GEB - GEA e GSB - GSA).

Com relação aos grupos de pré-estabilização, pode-se observar na FIGURA 1 que na fase de estabilização, o grupo GPB apresentou uma redução mais acentuada do erro absoluto em comparação ao GPA. Na fase de adaptação, os dois grupos apresentaram desempenho semelhante. A análise de Friedman, realizada para cada grupo comparando-se o último bloco da fase de estabilização com os demais blocos da fase de adaptação, não registrou diferença significativa para ambos os grupos: GPB [$\chi^2(n=5, df=6)=6,08, p=0,414$], GPA [$\chi^2(n=5, df=6)=5,83, p=0,443$]. Para verificar se ocorreram diferenças inter-grupos na fase de adaptação, foi realizada uma comparação por meio do teste de Man Whitney com ajuste do “p” por utilizar medidas repetidas - sujeitos ($p<0,0072$), e o teste estatístico não encontrou diferença significativa em nenhum bloco para $p<0,0072$.

Em relação aos “grupos estabilização”, observou-se na fase de estabilização uma redução e estabilização do erro absoluto com alguma flutuação (FIGURA 2). Na fase de adaptação, ambos os grupos comportaram-se de forma semelhante, ou seja, mantiveram o erro absoluto no mesmo nível da fase anterior. Semelhante aos resultados dos “grupos pré-estabilização”, as análises de Friedman não encontraram diferenças significantes {GEB [$\chi^2(n=5, df=6)=4,97, p=0,548$], GEA [$\chi^2(n=5, df=6)=3,63, p=0,726$]}. A mesma comparação inter-grupos foi realizada na fase de adaptação, que também não identificou diferença significativa para $p<0,0072$.

No que diz respeito aos grupos super-estabilização, observou-se na primeira fase do experimento do GSB, redução e manutenção do erro absoluto, e sua manutenção na fase de adaptação (FIGURA 3). O GSA apresentou

Figura 1 - Média do erro absoluto dos grupos GPB e GPA nas fases de estabilização e adaptação.

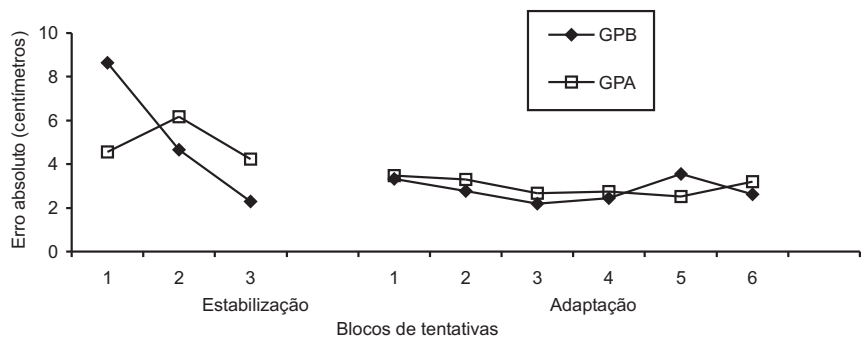
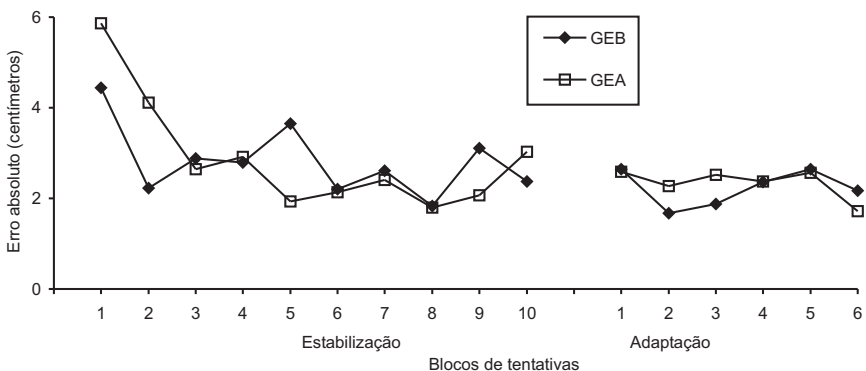


Figura 2 - Média do erro absoluto dos grupos GEB e GEA nas fases de estabilização e adaptação.



um aumento do erro absoluto no início da prática e o manteve inconsistente e sempre acima que o GSB. Na fase de adaptação, o GSA apresentou redução do erro, com níveis de desempenho semelhante ao GSB. A análise de Friedman não registrou diferença significativa no GSB [$X^2(n=5, df=6)=6,77, p=0,342$]. Todavia, encontrou diferença significativa no GSA [$X^2(n=5, df=6)=13,57, p<0,05$]. A somatória dos *ranks* e a análise da curva sugerem que a diferença possa ser entre o último bloco da fase de estabilização e o penúltimo bloco da fase de adaptação. Na comparação inter-grupos na segunda fase do experimento, o teste de Man Whitney não indicou diferença significativa entre os grupos para $p<0,0072$.

No que se refere à questão se a variabilidade observada em diferentes estados do sistema é de natureza distinta, os resultados obtidos nesse experimento sugerem, por um lado, que não, visto não ter havido diferença entre os grupos experimentais (GPB e GPA, GEB e GEA, GSB e GSA). Mais especificamente, a variabilidade mais baixa ou mais alta, antes e após a estabilização, não interferiu no desempenho dos grupos na fase de adaptação. No entanto, por outro lado, o fato de ter ocorrido diferença no GSA, da fase de estabilização para a fase de adaptação, sugere que a alta variabilidade após a estabilização pode ser positiva para o desempenho numa nova tarefa. Isso contrapõe aquelas visões mais tradicionais de aprendizagem motora, nas quais a variabilidade é vista como negativa para o desempenho¹⁹.

Um aspecto aparentemente contraditório nesse experimento foi o bom desempenho dos grupos na fase de adaptação. Isso pode ser explicado devido ao fornecimento de conhecimento de resultados (CR) na segunda fase do experimento, o que levou os sujeitos a uma nova aprendizagem. É possível que o CR possa ter descaracterizado a fase de adaptação, pois os sujeitos tiveram uma referência externa sobre o seu desempenho, e não precisaram utilizar o conteúdo aprendido anteriormente para reorganizá-lo na nova tarefa. Nesse sentido, um segundo experimento foi elaborado sem o fornecimento do feedback na fase de adaptação.

Segundo Experimento

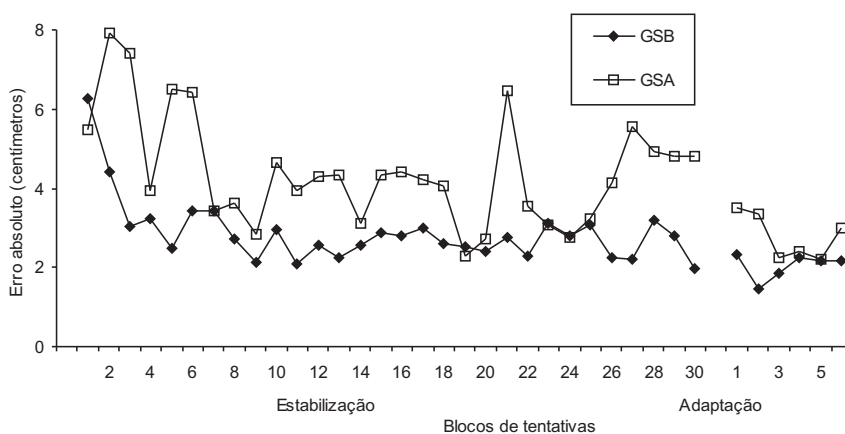
Método

Sujeitos: participaram do segundo experimento 60 estudantes universitários voluntários, sendo 32 do sexo masculino e 28 do sexo feminino, com a idade média de $22,55 + 3,16$ anos. Nenhum sujeito tinha experiência com a tarefa utilizada.

Instrumento e tarefa: utilizou-se o mesmo instrumento e a mesma tarefa do primeiro experimento.

Delineamento e procedimentos: os sujeitos foram distribuídos em três grupos ($n=20$). O número de tentativas e as fases do experimento foram idênticos ao experimento um. Os procedimentos deste experimento foram semelhantes aos do experimento um,

Figura 3 - Média do erro absoluto dos grupos GSB e GSA nas fases de estabilização e adaptação.



com exceção da alteração do ponto inicial de movimentação do cursor na fase de adaptação e do fornecimento de CR restrito à fase de estabilização.

Resultados e discussão

Para verificar se a divisão dos subgrupos, conforme o desvio padrão do erro absoluto no último bloco de tentativas da fase de estabilização, resultou em grupos diferentes, realizou-se o teste de Man Whitney entre GPB e GPA [z(n=7)=-2,75, p<0,006], GEB e GEA [z(n=7)=-2,87, p<0,004] e GSB e GSA [z(n=7)=-2,75, p<0,006]. A divisão então resultou em grupos diferentes. Da mesma forma que no primeiro experimento, procedeu-se a comparação entre os grupos de baixa e alta variabilidade (GPB - GPA, GEB - GEA e GSB - GSA).

Conforme mostra a FIGURA 4, na fase de estabilização, o grupo GPB apresentou uma redução mais acentuada do erro absoluto em comparação ao GPA. Na fase de adaptação, os grupos diferiram somente no primeiro bloco de tentativas, quando o GPB foi melhor que o GPA. A análise de Friedman, realizada para cada grupo, comparando-se o último bloco da fase de estabilização com os demais blocos da fase de adaptação, não registrou diferença significativa no GPA [X2(n=7, df=6)=2,45, p=0,874]. Por sua vez, no GPB, observou-se diferença significativa [X2(n=7, df=6)=19,91, p<0,01], sendo que a somatória dos ranks e a análise da curva sugerem que a diferença possa ser entre o último bloco da fase de estabilização e o último bloco da fase de adaptação. Na fase de adaptação, o teste de Man Whitney também teve o “p” ajustado conforme o experimento 1, e não indicou diferença significativa intergrupos para o p<0,0072.

Figura 4 - Média do erro absoluto dos grupos GPB e GPA do experimento 2 (Não tem no experimento 1) nas fases de estabilização e adaptação.

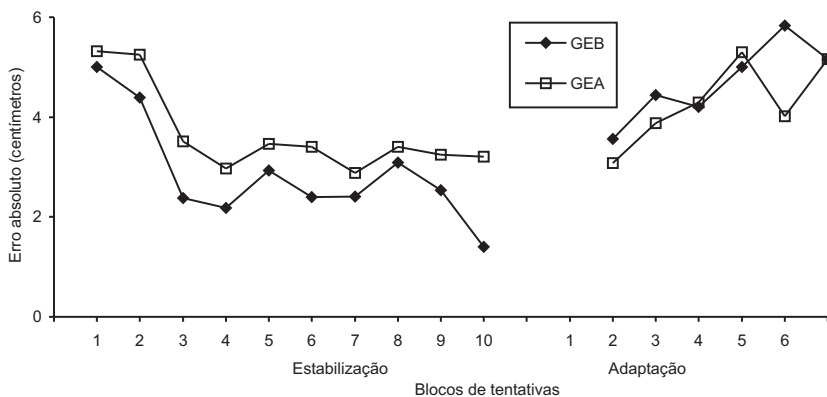
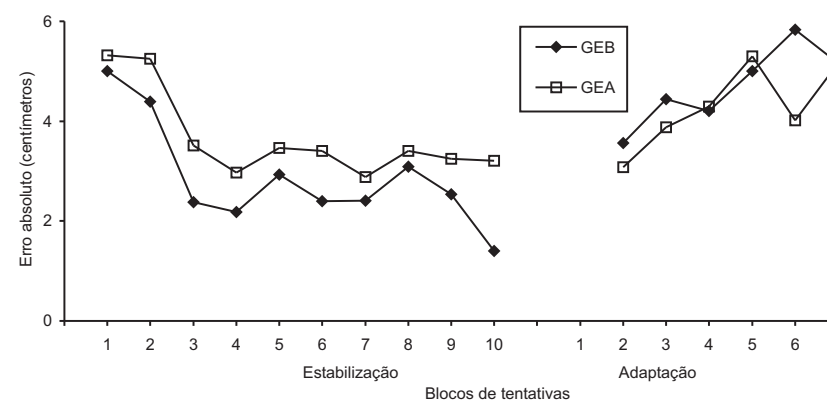


Figura 5 - Média do erro absoluto dos grupos GEB e GEA do experimento 2 nas fases de estabilização e adaptação.



Em relação aos “grupos estabilização”, observou-se na fase de estabilização de ambos os grupos, uma redução e estabilização do erro absoluto para níveis mais baixos que nos dois primeiros blocos de tentativas. Ainda, o GEB apresentou melhora no desempenho no último bloco de tentativas da primeira fase. Na fase de adaptação, o GEB apresentou, no primeiro bloco de tentativas, queda no desempenho em relação à fase de estabilização. Essa queda acentuou-se no decorrer da segunda fase. O GEA manteve o desempenho da fase de estabilização e, de forma semelhante, aumentou o erro absoluto em relação ao primeiro bloco de tentativas da fase de adaptação (FIGURA 5). As análises de Friedman não registraram diferença significativa: GEB [$X^2(n=7, df=6)=8,81, p=0,18$] e GEA [$X^2(n=7, df=6)=5,94, p=0,43$]. Na fase de adaptação, o teste de Man Whitney não indicou diferença significativa inter-grupos para $p<0,0072$.

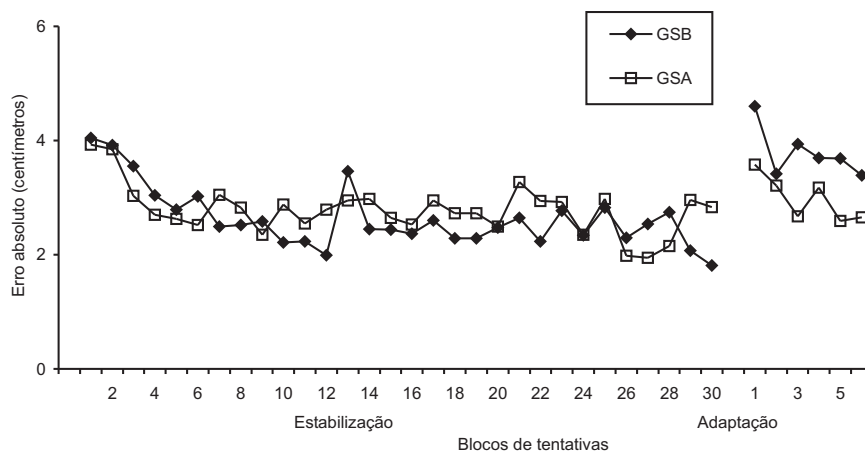
Em relação aos grupos que praticaram além da estabilização, observou-se que o GSB e o GSA apresentaram, na fase de estabilização, uma redução mais gradativa do erro absoluto com um desempenho semelhante. Nos dois últimos blocos de tentativas da primeira fase, enquanto o GSB melhorou o desempenho, o GSA apresentou uma queda. Na fase de adaptação, houve queda no desempenho dos dois grupos experimentais, porém mais acentuada no GSB, sendo que o GSA apresentou menor erro absoluto (FIGURA 6). As análises de Friedman não registraram diferença significativa: {GSB [$X^2(n=7,$

$df=6)=10,16, p=0,12$] e {GSA [$X^2(n=7, df=6)=9,92, p=0,13$]}. Na comparação inter-grupos nos seis blocos da fase de adaptação, o teste de Man Whitney não indicou diferença significativa para $p<0,0072$.

Em relação à questão do estudo, se a variabilidade em diferentes estados do sistema é de natureza distinta, os resultados obtidos nesse experimento permitem inferir que não. Isso porque não houve diferença entre os grupos de baixa e alta variabilidade em nenhum dos estados (pré-estabilização, estabilização e super-estabilização). Esperava-se, nesse experimento, que a retirada do CR implicasse em maior exigência para os indivíduos executarem a tarefa e, portanto, em maior exigência em termos de adaptação. E, com isso, esperava-se que a alta e a baixa variabilidade em diferentes estados mostrassem diferentes efeitos no processo adaptativo. Como se pode notar nesse experimento, isso não ocorreu.

No geral, os resultados do primeiro experimento indicaram que a alta variabilidade após a estabilização pode ter natureza construtiva, o que incita outros estudos, o que não ocorreu no segundo experimento. Dentro disso, três aspectos chamam a atenção: o tipo de perturbação, o tipo de tarefa e o tipo de variabilidade. Em relação ao tipo de perturbação, pode-se afirmar que em ambos os experimentos o nível de perturbação manipulado foi simples, pois foi exigida dos indivíduos apenas uma modificação na amplitude de movimento. Provavelmente, a introdução de uma

Figura 6 - Média do erro absoluto dos grupos GSB e GSA do experimento 2 nas fases de estabilização e adaptação.



perturbação que gerasse modificação na estrutura da tarefa aprendida permitiria especular melhor o papel da variabilidade. Referente ao tipo de tarefa, embora a tarefa de posicionamento linear seja clássica em Aprendizagem Motora, ela tem sido considerada simples e com pouca exigência efetora. É possível que em tarefas mais complexas ou com maior validade ecológica a variabilidade os resultados sejam diferentes. E, finalmente, considerando o tipo de variabilidade, esse estudo limitou-se a analisar a variabilidade do resultado do movimento no meio ambiente. Pode-se dizer que foi focalizado apenas o “produto” da ação, desconsiderando-se o seu “processo”. É necessário que se considere também a variabilidade do padrão de movimento, pois

analisada de forma isolada ou combinada com a variabilidade de resposta, possibilitem encontrar resultados distintos dos apresentados neste estudo.

Conclusões

Ao se considerar os resultados dos dois experimentos em conjunto, conclui-se que a variabilidade em diferentes estados do sistema pode ser de natureza distinta^{2 19 23}. Porém, ainda é preciso investigar a mesma questão com tarefas que possuam maior validade ecológica e com diferentes tipos de perturbação, além de um melhor instrumental que dê informações sobre as alterações no padrão de movimento.

Referências Bibliográficas

- ADAMS, J.A. A closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**. v.3, n.2, p.111-49, 1971.
- BENDA, R. N. **Variabilidade e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. São Paulo, 2001. 314p. Tese (Doutorado). Escola de Educação Física e Esporte - Universidade de São Paulo.
- BENDA, R. N.; CORRÊA, U. C.; LUSTOSA DE OLIVEIRA, D.; TANI, G. Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de controle da força manual. In: BARREIROS, J.; MELO, F.; SARDINHA, E. B. **Percepção & Ação III**. Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana / Universidade Técnica de Lisboa, 2000, p.166-82.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. 3.ed. Petrópolis: Vozes, 1977.
- CORRÊA, U. C. **Estrutura de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. São Paulo, 2001. 215 p. Tese (Doutorado). Escola de Educação Física e Esporte - Universidade de São Paulo.
- CORRÊA, U. C.; BENDA, R. N.; LUSTOSA de OLIVEIRA, D.; TANI, G. Practice schedule and adaptative process in the acquisition of a manual force control task. **Journal of Human Movement Studies**, n.44, p.121-138, 2003.
- FITTS, P.M. Factors in complex skill training. In: GLASER, R. **Training research and education**. New York: John Wiley & Sons, 1965, p.177-97.
- _____. Perceptual-motor skill learning. In: MELTON, A.W. **Categories of human learning**. New York: Academic Press, 1964, p.243-85.
- FITTS, P.M.; POSNER, M.I. **Human performance**. Belmont: Brooks/Cole, 1967.
- KELSO, J. A. S. Relative timing in brain and behavior: some observations about the generalized motor program and self-organized coordination dynamics. **Human Movement Science**. v.16, p.453-60, 1997.
- KELSO, J.A.S.; HAKEN, H. Novas leis antecipáveis no organismo: a sinérgica do cérebro e do comportamento. In: MURPHY, M.P.; O'NEILL, L.A.J. **“O que é vida?” 50 anos depois - especulações sobre o futuro da biologia**. São Paulo: Unesp / Cambridge University Press, 1997, p.159-85.

12. MANOEL, E. J.; CONNOLLY, K. J. Variability and stability in the development of skilled actions. In: CONNOLLY, K. J.; FORSSBERG, H. **The neurobiology and psychology of motor development**. Cambridge: Cambridge University Press / MacKeith Publications, 1997, p.286-318.
13. _____. Variability and the development of skilled actions. **International Journal of Psychophysiology**. v.19, p.129-47, 1995.
14. MARUYAMA, M. The second cybernetics: deviation-amplifying mutual causal processes. **American Scientist**. v. 51, p.164-79, 1963.
15. PRIGOGINE, I. **O fim das certezas**. São Paulo: Editora Unesp, 1996.
16. PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **A nova aliança**. Brasília: Editora UnB, 1984.
17. SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**. v.82, n.4, p.225-60, 1975.
18. TANI, G. **Hierarchical organization of an action programme and the development of skilled actions**. Sheffield: Department of Psychology - University of Sheffield, 1995. (Technical report).
19. _____. Processo adaptativo em aprendizagem motora: o papel da variabilidade. **Revista Paulista de Educação Física**. supl.3, p.55-61, 2000.
20. _____. **Processo adaptativo na aprendizagem de uma habilidade perceptivo-motora**. Hiroshima, 1982. 464p. Tese (Doutorado). Universidade de Hiroshima - Faculdade de Educação.
21. _____. **Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora**. São Paulo, 1989. 78p. Tese (Livre Docência) Universidade de São Paulo.
22. TANI, G.; BASTOS, F. C.; CASTRO, I. J.; JESUS, J. F.; SACAY, R. C.; PASSOS, S. C. E. Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Paulista de Educação Física**. v.6, n.1, p.16-25, 1992.
23. UGRINOWITSCH, H. **Efeito do nível de estabilização do desempenho e do tipo de perturbação no processo adaptativo em aprendizagem motora**. São Paulo, 2003. 365 p. Tese (Doutorado). Escola de Educação Física e Esporte - Universidade de São Paulo.
24. UGRINOWITSCH, H.; CORRÊA, U. C.; TANI, G. Perturbação perceptiva e processo adaptativo em aprendizagem motora. (submetido à **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**).
25. UGRINOWITSCH, H.; TERTULIANO, I.W.; COCA, A.A.; PEREIRA, F.A.S.; GIMENEZ, R. Frequência de feedback como um fator de incerteza no processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.11, n.1, p. 2003.