

Frequência de *feedback* como um fator de incerteza no processo adaptativo em aprendizagem motora

Feedback frequency as an uncertainty factor on the adaptative process in motor learning

Ugrinowitsch, Herbert¹;
Tertuliano, Ivan Wallan²;
Coca, Alessandra Aguillar²;
Pereira, Fábio Alves dos Santos²;
Gimenez, Roberto³.

Resumo

Este estudo investigou o papel da incerteza no processo adaptativo em aprendizagem motora. Para isso foi utilizada uma tarefa de preensão, com os sujeitos divididos em três grupos com diferente quantidade de *feedback*: G 1 (*feedback* a cada execução); G 2 (*feedback* a cada duas execuções); e G 3 (*feedback* a cada três execuções). O experimento teve duas fases: estabilização e adaptação. A ANOVA indicou que o erro absoluto diminuiu na primeira fase, e na segunda fase a ANOVA *two way* com medidas repetidas indicou que o G1 e o G 3 tiveram melhor desempenho que o G 2. A mesma análise estatística foi realizada para o erro variável e na primeira fase os três grupos diminuíram o erro variável, e na adaptação o grupo G1 e o G 3 tiveram menor variabilidade, com a tendência do G 3 ter melhor desempenho nas duas medidas de erro. Pôde-se concluir que a incerteza foi benéfica para a aprendizagem da tarefa de preensão.

PALAVRAS-CHAVE: incerteza, processo adaptativo, aprendizagem motora.

Abstract

This study investigated the role of uncertainty within the adaptative process in motor learning. A grip task was employed, with subjects divided into three groups with different feedback quantities: G 1 (feedback in each trial); G 2 (feedback in every two trials); and G 3 (feedback in every three trials). The experiment consisted of two phases: stabilization and adaptation. The ANOVA indicated that the absolute error decreased in the first phase, and in the second phase the two-way ANOVA, with repeated measures, indicated that G1 and G 3 had better performances than G2. The same statistical analysis was made for the variable error; in the first phase all groups had a decrease in the variable error, and in the adaptation phase G 1 and G 3 had a smaller variability, with a tendency for a better performance by G 3 in both error measures. It is possible to conclude that uncertainty was favorable tho the learning of the frip task.

KEYWORDS: uncertainty, adaptative process, motor learning.

¹ Escola de Educação Física da Universidade de Minas Gerais.

² Grupo de Estudos em Aprendizagem Motora do Centro Universitário Nove de Julho.

³ Professor do Centro Universitário Nove de Julho e Unicid; membro do Laboratório de Comportamento Motor (Lacom) da Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo.

Introdução

O *feedback*, juntamente com a prática, constitui um dos principais aspectos no processo de aprendizagem, pois é uma variável que o profissional pode manipular durante a prática. Além disso, também se refere a uma informação que vai para um mecanismo que usa essa informação para corrigir os erros (24), o que permite afirmar que a prática combinada com o conhecimento de resultados leva à perfeição (30).

O uso do *feedback* consiste em utilizar a informação das tentativas anteriores de prática, que pode ser extrínseca ou intrínseca. O *feedback* intrínseco é a informação obtida pelos órgãos sensoriais que não dependem de uma fonte externa, enquanto o *feedback* extrínseco é a informação obtida por algum meio artificial - escores, vídeos ou o professor. O estudo do *feedback* extrínseco justifica-se tanto por aumentar o corpo de conhecimento na área como por ter uma importância diferenciada na aprendizagem, pois ele pode tomar muitas formas no ambiente de aprendizagem, que dão informações ao aprendiz sobre a sua ação durante ou após a sua execução (32), além de o professor ter total controle sobre essa informação.

Como o *feedback* é informação sobre a ação, que permite ao aluno fazer a comparação entre a ação planejada e a executada (29), quando se faz necessário, é possível planejar as correções. Tanto que, até a metade da década de 1970, acreditava-se que a prática sem o *feedback* não auxiliava na aprendizagem, pois ele diminui a incerteza do que deve ser feito nas tentativas subsequentes. O volume de conhecimento adquirido a partir desse referencial foi muito grande e alguns pesquisadores continuam a seguir esse referencial. Contudo, recentes meta-teorias da ciência têm indicado a necessidade de todo sistema vivo manter uma quantidade de incerteza, variabilidade, pois ela é a responsável pela capacidade de adaptação dos seres vivos (2; 6; 12; 22; 31, entre outros). Ao contrário, sistemas extremamente rígidos perdem em capacidade de adaptação quando submetidos a perturbações (20; 21; 33). Na área de aprendizagem motora, os resultados de recentes pesquisas sobre *feedback* têm mostrado que quando o aprendiz tem muita informação acerca da sua execução, não consegue um bom desempenho. Em outras palavras, quando existe uma quantidade de incerteza o aprendiz consegue melhor desempenho nos testes de aprendizagem. Esses resultados podem ser possíveis porque o processo de aprendizagem tem como base os erros, incertezas e variabilidade (26).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é investigar o efeito do *feedback* como um fator de incerteza no processo de aprendizagem motora.

Revisão de literatura

Ao reportar-se ao *feedback* extrínseco, duas importantes categorias são o conhecimento de resultados (CR) e o conhecimento de performance (CP). O CR é essencialmente informação verbal (ou verbalizável), terminal (após a resposta) sobre o resultado da ação em termos do objetivo ambiental, que pode ter diferentes combinações das dimensões anteriormente citadas (36). O CP é informação externa sobre o padrão de execução que o

aprendiz realizou (37), e diferente do CR, ele não necessariamente diz sobre o sucesso em termos de objetivo ambiental, e por isso é frequentemente utilizado pelos professores e técnicos em situações do mundo real.

Contudo, como ambos, CR e CP, são informações que o aprendiz utiliza para comparar o que executou com o que planejou, o CR é mais utilizado em pesquisas porque permite um controle mais rigoroso sobre as variáveis manipuladas, e assim identifica a sua influência sobre a variável dependente, a aprendizagem. Entre as possíveis formas de utilizá-lo, o CR pode ser fornecido em termos de precisão (direção, magnitude ou ambas); conteúdo (sobre a estrutura da ação - padrão de execução - ou parametrização); abrangência (individual ou sumária); atividade interpolada (no intervalo pré-CR ou pós-CR); e frequência (absoluta ou relativa).

A frequência do CR é uma das variáveis mais importantes, o que pode ser verificado pelo grande número de pesquisas realizadas que manipularam essa variável. A frequência pode ser absoluta ou relativa. A frequência absoluta é o total de vezes que o CR é fornecido num número de tentativas, por exemplo, numa sessão de prática, e a frequência relativa é a porcentagem de vezes que o CR é fornecido no mesmo número de tentativas.

Até a metade da década de 1970 acreditava-se que quanto mais preciso, freqüente e imediato fosse o CR, mais visíveis seriam os seus efeitos na aprendizagem de habilidades motoras (1; 7; 9). Isso acontecia porque nos estudos não era realizado o teste de retenção ou de transferência, que diferenciam os efeitos transitórios do desempenho dos relativamente permanentes da aprendizagem.

Um aspecto importante é que recentemente as pesquisas que utilizaram os testes de retenção e/ou transferência têm demonstrado que quando o CR é fornecido ao aprendiz em todas as tentativas, apesar de diminuir a incerteza e guiar o aprendiz em direção à resposta apropriada, leva a um pior desempenho nos testes citados. Esses testes são importantes, pois distinguem os efeitos transitórios da prática das alterações internas relativamente permanentes de aprendizagem. Como a menor quantidade de *feedback* leva a uma melhor aprendizagem, várias formas têm sido investigadas que visam a diminuir a quantidade de informação fornecida ao aprendiz durante o processo de aprendizagem.

Uma das formas de diminuir a quantidade de informação é o *feedback* diminuído. Nessa forma, no início da aprendizagem o *feedback* é fornecido praticamente a cada execução e à medida que o sujeito domina mais a habilidade a frequência relativa diminui até aproximadamente 50% (50). Outra forma é estabelecer uma faixa de precisão. Se o erro na execução estiver dentro da faixa estabelecida, não é fornecido o *feedback*, mas quando o erro na execução estiver fora da mesma, para mais ou para menos, o *feedback* indica a magnitude e a direção do erro (18; 39; 40). O *feedback* médio é outra forma de diminuir a quantidade de *feedback* do sujeito, na qual o executante realiza uma série de repetições e, somente após o seu término, recebe como *feedback* o escore médio das tentativas realizadas. Os resultados do estudo de Young & Schmidt¹ (*apud* 35)

¹ YOUNG, D.E.; SCHMIDT, R.A. **Knowledge of performance and motor learning.** Manuscript in preparation, University of California, Los Angeles.

mostraram que o *feedback* médio é mais efetivo para a aprendizagem que o *feedback* a cada tentativa e aproximadamente igual ao *feedback* resumido. A frequência relativa de *feedback* é outra forma de fornecer o *feedback* diminuído. A frequência relativa de *feedback* próxima de 50% parece favorecer mais a aprendizagem do que a frequência de 100% (49).

Estas formas de *feedback* diminuído favorecem a aprendizagem e segundo Schmidt e Wrisberg (37), previnem a dependência, pois o aprendiz realiza diversas execuções antes de ter uma informação ou *feedback*. Assim, o aprendiz não muda a execução a cada tentativa e a ação torna-se mais estável. Além disso, devido à ausência de *feedback* extrínseco a cada execução, o aprendiz é levado a utilizar o *feedback* intrínseco para comparar a execução planejada com a realizada, fortalecendo o referencial interno na detecção de erros.

Graças aos resultados apresentados nas pesquisas, a frequência relativa de *feedback* tornou-se alvo de grande interesse por parte dos pesquisadores na área de aprendizagem motora, principalmente após o delineamento dos experimentos incluírem os testes de retenção e/ou transferência. Nesses estudos, durante a fase de aquisição os sujeitos apresentaram um desempenho semelhante independentemente da frequência relativa de CR fornecida, mas nos testes de retenção ou transferência os sujeitos com menor frequência relativa de CR apresentaram desempenho superior.

Um dos primeiros estudos que identificaram este fator foi o de Baird e Hughes (3). Após a fase de prática os sujeitos realizaram um teste de retenção e os resultados mostraram uma tendência dos sujeitos com menor frequência de CR terem desempenho superior aos sujeitos com maior frequência, ocorrendo o mesmo no estudo de Ho e Shea (19). Castro (8) manipulou a frequência de CR em 22%, 33% e 100% e o grupo de 33% apresentou desempenho superior ao grupo 100% no teste de retenção. Outro estudo foi realizado por Teixeira (47), que forneceu frequências de 50% e 100% de CR. Ao final do experimento, apesar de não haver diferença significativa, os resultados também mostraram uma tendência de superioridade do grupo 50% em relação ao 100%.

Em um estudo com crianças de diferentes faixas etárias, Chiviakowsky e Tani (10) utilizaram quatro frequências relativas de CR: 30%, 50%, 60% e 100%. Nos testes de transferência, as crianças do grupo de 7 anos com 60% de CR apresentaram desempenho significativamente superior aos demais e o grupo de 50% apresentou uma tendência de superioridade em relação aos outros dois grupos.

A frequência de CR na aprendizagem também foi investigada por Chiviakowsky e Tani (9), que utilizaram três habilidades. Os grupos foram divididos em frequência de 50% e 100% de CR. Na fase de aquisição, os grupos apresentaram desempenho muito semelhante, mas nos testes de transferência mostraram uma tendência de superioridade do grupo 50% de CR, corroborando os obtidos por Chiviakowsky e Tani; Teixeira (10; 47), bem como o de Wulf, Lee e Schmidt (52) de que a frequência reduzida de CR pode auxiliar na aprendizagem.

O efeito da frequência de CR na aprendizagem de variações de um mesmo programa motor generalizado foi investigado por Wulf e Schmidt (51). Os resultados mostraram que o grupo com 67% de frequência de CR teve desempenho superior ao grupo com 100% de CR. O efeito

da frequência de CR na aprendizagem de três programas motores diferentes também foi investigado e os testes de retenção e transferência mostraram desempenho superior do grupo com frequência de 50% quando comparado ao grupo com 100% de CR.

Todos os estudos supracitados foram realizados tendo como pano de fundo o conceito de programa motor e dessa forma a teoria de Esquema (34). A explicação mais aceita para o melhor desempenho nos testes de aprendizagem dos grupos com menor frequência, dentro dessa teoria, é realmente a da dependência, que é justificada pela facilidade de utilizar o *feedback* extrínseco. Contudo, essa explicação além de não ser muito convincente, é dada *a posteriori*, e não está contemplada no referencial teórico. É importante que no bojo da teoria utilizada exista suporte para explicar o fator investigado e não que uma hipótese explanativa seja encontrada em função dos resultados.

Todos esses estudos e as hipóteses explanativas foram realizados a partir de um referencial de que a aprendizagem ocorre pelo *feedback* negativo que diminui as discrepâncias entre o que foi planejado e o executado. Nesse referencial não existe espaço para o erro e a variabilidade. Além disso, a ordem (aprendizagem) que existe não coexiste com a variabilidade, o erro.

Porém, recentes meta-teorias da ciência têm mostrado que não existe somente a ordem a partir da ordem, mas também a ordem a partir da desordem (38), ou seja, a desordem e a incerteza como fatores importantes na emergência de um novo estado de ordem. A importância da incerteza tem sido observada na teoria do caos (5; 17; 23) e na teoria da complexidade (22). Esses autores acreditam que ao manter um certo nível de desordem, os componentes têm liberdade para interagir e então formar novos padrões.

Na área do comportamento motor uma concepção diferente tem sido observada, essa concepção vê a incerteza com um papel importante na aprendizagem e que poderia explicar como a menor frequência de CR é benéfica para a aprendizagem. Essa abordagem é denominada processo adaptativo em aprendizagem motora (Choshi², *apud* 43; 11; 45; 43; 44). Nessa visão, a aprendizagem passa a ser compreendida como um processo contínuo que vai além da estabilização ou a formação de uma estrutura, e vai de encontro às propostas anteriores (1; 15; 16).

Na abordagem do processo adaptativo a aprendizagem é vista como um processo contínuo, no qual as habilidades adquiridas são modificadas (adaptam-se), e formam novas habilidades mais complexas. Esse processo ocorre da seguinte forma: no início da prática o executante apresenta desempenho muito instável, pois não existe interação entre os componentes que formam a habilidade (4). Com a prática aliada ao *feedback* negativo, o desempenho torna-se mais estável, o sistema adquire nova função, e infere-se que uma estrutura foi formada (43). Nesse momento um aspecto importante é a perturbação, que tira o sistema do equilíbrio e causa instabilidade, para que ele possa se adaptar, adquirindo novas funções. Nesse momento se assume que o sistema ganhou em complexidade, pois sem adquirir novos componentes, a estrutura anterior adquire novas funções.

² Choshi, K. Human motor learning as a self-organizing system. *Memories of the Arts and Science VI*. Hiroshima University, v.4, p.11-21, 1986. (In Japanese).

Em outras palavras, a formação de uma estrutura é um processo hierárquico, pois primeiro é necessário haver a estabilização das funções, quando se infere que uma estrutura é formada, para, posteriormente, poder haver a adaptação das mesmas (Choshi, 1986, *apud* 43; 45; 43; 48). Dessa forma a aprendizagem passa a ser vista como um processo cíclico de instabilidade-estabilidade-instabilidade.

Esse mesmo processo é pautado em instabilidades, erros e incertezas (45), e essas incertezas então devem ter o seu papel no processo de aprendizagem, principalmente ao observar a aprendizagem como um processo que vai além da estabilização, ou seja, como um processo adaptativo (25; 27; 28; 43; 42; 46). Tani (41) realizou seis estudos para verificar como a liberdade de escolha influencia a aprendizagem e utilizou pequenos jogos de basquetebol com três sujeitos de cada lado. Os resultados mostraram que os sujeitos que tinham uma quantidade de incerteza apresentaram melhor aquisição de padrões de jogo, enquanto os sujeitos que tinham as regras muito rígidas ou muito flexíveis mostraram um desempenho inferior. Então esse estudo mostrou que uma certa quantidade de incerteza é importante para a aprendizagem.

Diferente da teoria anterior (teoria de Esquema), o processo adaptativo traz no seu bojo a explicação do porquê a incerteza tem um papel importante na aprendizagem, e a partir do referencial teórico é que foi elaborada a hipótese de estudo e o método utilizado para investigar a questão.

Uma forma de manipular a incerteza no processo de aprendizagem é controlar a frequência de CR durante a aprendizagem de uma habilidade motora. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi investigar o papel da incerteza no processo adaptativo em aprendizagem motora, numa tarefa de preensão.

Método

Participaram deste estudo 45 universitários, voluntários, de ambos os sexos, sem experiência anterior na tarefa praticada. A tarefa consistiu em aprender a controlar a força numa tarefa de preensão manual com a mão não-dominante. Para isso foi utilizado um dinamômetro digital da *Takey Instruments* (nº 1857). Ao chegar ao local da coleta, os sujeitos foram distribuídos nos grupos de acordo com a ordem de chegada e realizavam um pré-teste com duas repetições, as quais deveriam aplicar a força máxima no aparelho. Em seguida, realizaram uma fase de estabilização sendo 30 repetições com 60% da força máxima obtida no pré-teste, visto que antes do início das mesmas foi informado aos sujeitos qual o valor a ser atingido em cada preensão. Os valores informados foram sempre inteiros (sem fração) e o arredondamento foi pelo método alemão. O *feedback* fornecido foi terminal em relação à direção e magnitude do erro.

Posteriormente, houve a fase de adaptação, na qual foi inserida uma perturbação (acertar 40% da força máxima), e os sujeitos executaram mais 20 vezes a tarefa sem o fornecimento do *feedback*. Nesse caso, o *design* experimental já é diferente do *design* clássico em aprendizagem, que apresenta uma fase de prática e o teste de retenção e/ou transferência. Esse *design* apresenta uma primeira fase de estabilização que serve para que os sujeitos estabilizem as funções na tarefa praticada, e outra de adaptação, maior que os testes de transferência. Essa fase não é para verificar se os sujeitos aprenderam a tarefa praticada na fase anterior, mas sim para verificar como a estrutura anteriormente formada adapta-se à nova tarefa, com a aprendizagem sendo vista além da estabilização.

Os sujeitos foram divididos em três grupos experimentais em relação ao fornecimento de *feedback*: O G1 recebeu *feedback* após cada execução, o G2 recebeu o *feedback* a cada duas execuções, e o G3 recebeu *feedback* a cada três execuções. Ou seja, os sujeitos realizaram a mesma quantidade de prática e tiveram a frequência absoluta de *feedback* diferente. Foi utilizada a frequência absoluta de *feedback*, pois ao manter a mesma quantidade de prática os sujeitos estarão com a incerteza (falta de informação para comparar a ação planejada com a executada) diferenciada. Após finalizar a coleta foi explicado aos sujeitos qual o objetivo da pesquisa.

Resultados

Os resultados foram descritos em blocos de cinco execuções, tanto do erro absoluto como do erro variável. A primeira medida mostra a consistência ou desempenho na tarefa praticada, e a segunda, a variabilidade.

A análise descritiva indica que no início da fase de estabilização o G1 apresentou desempenho superior aos outros dois grupos desde o início do experimento, sendo que ao final da mesma os três grupos apresentaram desempenho muito similar (Figura 1). Na fase de adaptação o G2 foi o que apresentou maior dificuldade de adaptação à perturbação apresentada, e o G1 e G3 conseguiram adaptar-se da mesma maneira nos primeiros dois blocos, mas o G3 melhorou o desempenho no decorrer dos demais blocos e o G1 piorou um pouco o desempenho. Assim é possível entender que o grupo que melhor se adaptou à perturbação foi o grupo que teve mais incerteza na fase anterior (G3).

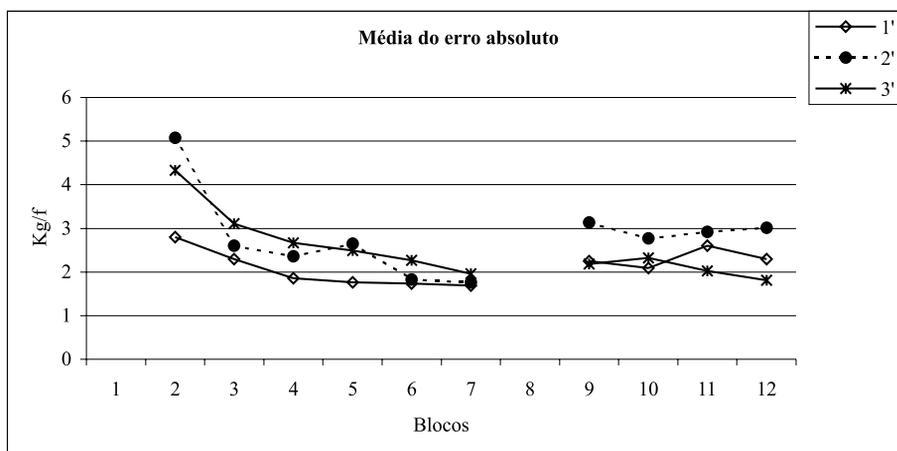


Figura 1 - Média do erro absoluto dos três grupos experimentais nas duas fases do experimento.

Para verificar se os grupos aprenderam a tarefa desse experimento foi aplicada uma ANOVA *two way* com medidas repetidas (blocos 6 x grupos 3) na fase de estabilização e os resultados indicaram que não houve diferença no fator grupos, mas houve aprendizagem, com $f(21,10391) = 30,34658$ e $p < 0,000$. Para identificar as diferenças foi utilizado o teste *post-hoc* de *Tukey*, que indicou diferença do primeiro bloco para os demais ($p = 0,00002$), do segundo bloco para o quinto bloco ($p = 0,047805$) e para o sexto bloco ($p = 0,008513$).

Com o objetivo de responder à pergunta apresentada neste trabalho, primeiramente foi aplicada uma ANOVA *two way* com medidas repetidas (blocos 4 x grupos 3) na fase de adaptação. Os resultados mostraram que houve e não houve diferença na precisão dos três grupos experimentais para $p < 0,05$, o que é um grande indicativo de que a incerteza causada pela menor quantidade de informação não é prejudicial à aprendizagem. Também não foi detectada diferença entre os blocos e nem interação dos dois fatores para o $p < 0,05$.

A análise descritiva das medidas de erro variável indica que os três grupos apresentaram variabilidade bem similar na primeira fase do experimento (Figura 2). Na fase de adaptação o G2 apresentou um nível de variabilidade um pouco superior ao G1 e G3, sendo que os dados de variabilidade seguiram a mesma tendência dos de consistência: o G1 e G3 apresentaram o mesmo nível de variabilidade no primeiro bloco, mas na última metade da fase de adaptação o G3 teve um nível de variabilidade menor que o G1. Pela análise descritiva é possível dizer que o G3 apresentou melhores resultados na fase de adaptação, pois foi mais consistente e também teve menor variabilidade.

Para verificar se os grupos diminuíram a variabilidade na primeira fase do experimento foi aplicada a ANOVA *two way* com medidas repetidas (grupos 3 x blocos 6), que não indicou diferença intergrupos, mas apresentou queda da variabilidade no decorrer da primeira fase, com $f(19,75347) = 29,49251$, e $p < 0,000$. O teste de *post hoc* de *Tukey* indicou que o primeiro bloco foi diferente do segundo ($p = 0,00023$), e dos demais blocos ($p = 0,0002$). O segundo bloco foi diferente do quinto bloco ($p = 0,28276$) e do sexto bloco ($p = 0,006373$). Então é mais um indicativo de que a quantidade de prática foi suficiente para os grupos aprenderem a tarefa e formar uma estrutura, pois além de apresentar melhora na consistência também tiveram queda na variabilidade.

Com o objetivo de verificar se a incerteza provocada pelas diferentes quantidades de CR levou os grupos a apresentarem diferente comportamento na fase de adaptação, foi aplicada uma ANOVA *two way* com medidas repetidas (blocos 4 x grupos 3) também para o erro variável. Os resultados mostraram que houve diferença estatisticamente significativa no fator grupos, com $f(5,730741) = 40,50772$, e $p < 0,006$. O teste de *post hoc* de *Tukey* indicou que o G 2 foi diferente do G 1 ($p = 0,0447$) e do G 3 ($p = 0,00421$), e não houve diferença entre o G 1 e o G 3. O teste estatístico também não indicou diferença significativa no fator blocos e nem interação entre os dois fatores para $p < 0,05$.

Discussão e conclusão

A incerteza causada pelas diferentes frequências de CR surtiu diferentes efeitos no processo adaptativo. A menor quantidade de CR não levou o G 3 a um pior desempenho. Ao contrário, mesmo sem haver diferença na consistência, o G 3 teve uma tendência de melhor desempenho que o G 1 e o G 2. Em relação à variabilidade, além de o G 3 ter menor variabilidade que o G 2, teve uma tendência de menor variabilidade que o G 1.

Os menores índices de erro apresentados pelo G 3 podem ser devido à maior possibilidade de combinar as informações sensoriais intrínsecas com as do *feedback* aumentado. O G 3 teve possibilidade de analisar melhor a informação intrínseca a cada execução quando tinha mais incerteza (menos *feedback*) e, quando recebia o *feedback* aumentado, comparava a sua análise com o referencial externo. Essa combinação deve ter permitido aos sujeitos com menor frequência de *feedback* obter um referencial de correção mais preciso quando o *feedback* foi retirado. Esses resultados corroboram os de Tani (41), de que uma certa liberdade de escolha é importante na aprendizagem. Dessa forma, é possível concluir que para essa tarefa, a incerteza foi um fator benéfico no processo adaptativo em aprendizagem motora.

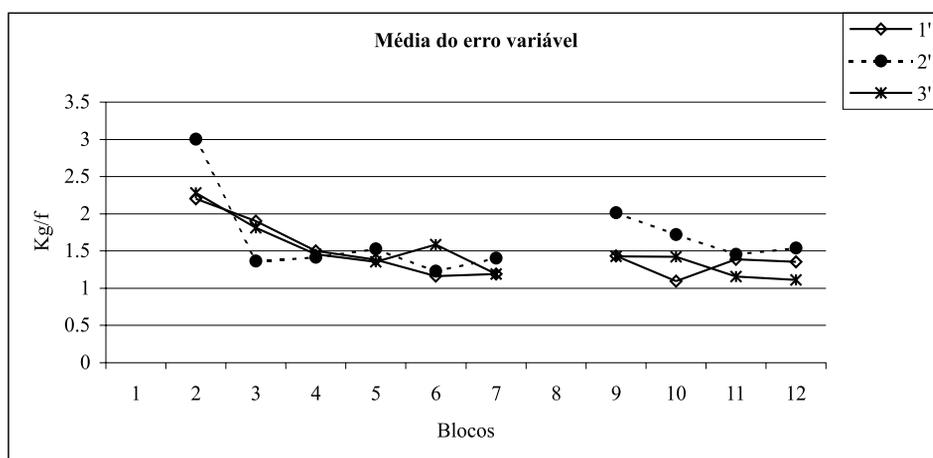


Figura 2 - Média do erro variável dos três grupos experimentais nas duas fases do experimento.

Referências Bibliográficas

1. ADAMS, J.A. A close-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, n.3, p.111-50, 1971.
2. ATLAN, H. **Entre o cristal e a fumaça**: ensaio sobre a organização do ser vivo. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 1992.
3. BAIRD, I.S.; HUGHES, G.H. Effects of frequency and specificity of information feedback on acquisition and extinction of a positioning task. **Perceptual and Motor Skill**, v.34, p.567-72, 1972.
4. BARELA, J. A. Ciclo percepção-ação no desenvolvimento motor. In: TEIXEIRA, L. A. (Ed.). **Avanços em comportamento motor**. São Paulo: Movimento, 2001. p. 40-61.
5. BERGÉ, P.; POMEAU, Y.; DUBOIS-GANCE, M. **Dos ritmos ao caos**. São Paulo, Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.
6. BERTALANFFY, L.V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis, Rio de Janeiro, 1977.
7. BILODEAU, E.A; BILODEAU, I.M. Variable frequency of knowledge of results and the learning of a simple skill. **Journal of Experimental Psychology**, v.55, n.4, p.379-83, 1958.
8. CASTRO, I.J. **Efeitos da frequência relativa do feedback extrínseco na aprendizagem de uma habilidade motora discreta simples**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
9. CHIVIAKOWSKY, S.; TANI, G. Efeitos da frequência de resultados na aprendizagem de diferentes programas motores generalizados. **Revista Paulista de Educação Física**, v.11, n.1, p.15-26, 1997.
10. _____. Efeitos da frequência de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora em crianças. **Revista Paulista de Educação Física**, v.7, n.1, p.45-57, 1993.
11. CHOSHI, K. Aprendizagem motora como um problema mal-definido. **Revista Paulista de Educação Física**, Suplemento n.3, p.16-23, 2000.
12. COOK, N.D. **Stability and flexibility**: an analysis of natural systems. Oxford, Pergamon Press, 1980.
13. CORRÊA, U.C. **Estrutura de prática e processo adaptativo em aprendizagem motora**. Tese de Doutorado, Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo (EFEUSP), São Paulo, 2001.
14. DUPUY, J.P. **Nas origens das Ciências Cognitivas**. São Paulo, Editora da UNESP, 1996.
15. FITTS, P.M.; POSNER, M.I. **Human Performance**. Belmont, CA: Brooks-Cole, 1967.
16. GENTILE, A.M. A working model of skill acquisition with application to teaching. **Quest**, n.17, p.3-23, 1972.
17. GLEIK, J. **Caos**: a criação de uma nova ciência. Rio de Janeiro, Campus, 1990.
18. GRAYDON, J. *et al.* Comparison of bandwidth knowledge of results and the relative frequency effect in learning a discrete skill. **Journal of Human Movement Studies**, v.32, p.15-28, 1997.
19. HO, L.; SHEA, J. Effects of relative frequency of knowledge of results on retention of a motor skill. **Perceptual and Motor Skills**, 95, 355-86, 1978.
20. HOLLAND, J.H. **Emergence from chaos to order**. Massachusetts, Perseus Books, 1998.
21. KAUFFMAN, S.A. O que é vida? Schrödinger estava certo? In: **O que é vida?** 50 anos depois: especulações sobre o futuro da Biologia. M.P. MURPHY & O'NEILL L.A.J. (Eds.). São Paulo, UNESP/Cambridge, p.101-135, 1997.
22. LEWIN, R. **Complexidade**: a vida no limite do caos. Rio de Janeiro, Rocco, 1993.
23. LORENZ, E.N. **A essência do caos**. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 1996.
24. MAGILL, R.A. **Aprendizagem motora**: conceitos e aplicações. Edgard Blücher, São Paulo, 2000.
25. MANOEL, E.J. **Adaptative control and variability in the development of skilled actions**. Unpublished Doctoral Dissertation. Sheffield: University of Sheffield, Department of Psychology, 1993.
26. _____. **Desenvolvimento do comportamento motor**. Dissertação de Mestrado – Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo (EFEUSP), São Paulo, 1989.
27. MANOEL, E.J.; CONNOLLY, K.J. Variability and the development of skilled actions. **International Journal of Psychophysiology**, 19, p.129-47, 1995.
28. _____. Variability and stability in the development of skilled actions. In: K.J. Connolly & H. Forssberg (Eds.), **Neurophysiology and neuro psychology of motor development**. London: Mac Keith Press, 1997.
29. MARTENIUK, R.G. **Information Processing in Motor Skill**. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1976.
30. NEWELL, K.M. Knowledge of results and motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v.6, p.235-44, 1974.
31. PRIGOGINE, Y. **O fim das certezas**. Lisboa, Grádiva Publicações, 1996.
32. ROSE, D.J. **A Multilevel Approach to the Study of Motor Control and Learning**. Allyn and Bacon, Oregon, 1997.
33. RUTHEN, R. Adapting to complexity. **Scientific American**, v.268, n.1, p.110-7, 1993.
34. SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, n.82, p.225-60, 1975.
35. _____. Motor Learning and Control: from principles to practice. **Human Kinetics**, Champaign, Illinois, 1991.
36. _____. Motor Learning and Control. **Human Kinetics**, Champaign, Illinois, 2. ed., 1988.

37. SCHMIDT, R.A.; WRISBERG, C.A. **Aprendizagem e performance motora**: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema. Artmed, Porto Alegre, 2. ed., 2001.
38. SCHRÖDINGER, E. **O que é vida?** O aspecto físico da célula viva. São Paulo: UNESP/Cambridge University Press, 1997
39. SHERWOOD, D.E. Effects of bandwidth knowledge of results on movement consistency. **Perceptual and Motor Skills**, 66, p.535-42, 1988.
40. SMITH, P.J.; TAYLOR, S.J.; WITHERS, K. Applying bandwidth feedback scheduling to a golf shot. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.68, p.215-21, 1997.
41. TANI, G. **Adaptative process in perceptual-motor skill learning**. Resumo da Tese de Doutorado, apresentado à Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, Hiroshima University, 1982.
42. _____. Aprendizagem motora: Tendências, perspectivas e problemas de investigação. **Galician Portuguese Journal for the Study of Psychology and Education** (no prelo).
43. _____. Organização hierárquica do comportamento motor humano. **Technical report**. Sheffield: Department of Psychology - University of Sheffield, England, 1995.
44. _____. Processo adaptativo em aprendizagem motora: O papel da variabilidade. **Revista Paulista de Educação Física**, Suplemento n.3, p.55-61, 2000.
45. _____. Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Tese de Livre Docência**, Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo (EEFUSP), São Paulo, 1989.
46. TANI, G. *et al.* Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Paulista de Educação Física**, v.6, p.16-25, 1992.
47. TEIXEIRA, L.A. Frequência de conhecimento de resultados na aquisição de habilidades motoras: Efeitos transitórios e de aprendizagem. **Revista Paulista de Educação Física**, v.7, p.8-16, 1993.
48. UGRINOWITSCH, H. **Efeito do nível de estabilização do desempenho e do tipo de perturbação no processo adaptativo em aprendizagem motora**. Tese de Doutorado. Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. p.
49. WINSTEIN, C.J. **Relative frequency of information feedback in motor performance and learning**, 1988.
50. WINSTEIN; SCHMIDT, R.A. Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, 16, p.677-91, 1990.
51. WULF, G.; SCHMIDT, R.A. Feedback induced variability and the learning of generalized motor programs. **Journal of Motor Behavior**, 26, p.348-61, 1994.
52. WULF, G.; LEE, T.D.; SCHMIDT, R.A. The learning of generalized motor programs: reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory. **Journal of Experimental Psychology: learning, Memory and Cognition**, v.15, n.4, p.748-57, 1989.

A discussão dos resultados partiu de uma conversa sobre o tema com o Prof. Dr. Go Tani, a qual aconteceu em reunião no Lacom (Laboratório de Comportamento Motor) da Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo.