

LÍVIA GONÇALVES GALLO

**MAGNITUDE E ESTRUTURA DA VARIABILIDADE DE
DESEMPENHO NA AQUISIÇÃO DE UMA HABILIDADE
MOTORA DE APONTAMENTO**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2013

LÍVIA GONÇALVES GALLO

**MAGNITUDE E ESTRUTURA DE VARIABILIDADE DE
DESEMPENHO NA AQUISIÇÃO DE UMA HABILIDADE
MOTORA DE APONTAMENTO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Área de concentração: Treinamento Esportivo

Orientador: Dr. Rodolfo Novellino Benda

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2013

Dedico este trabalho aos meus avós, Joaquim Gonçalves e Nelsa Gonçalves pelo amor e confiança inicial na minha trajetória. Aos meus pais e minha irmã por todo apoio, amor e amizade infinitos. Essa dissertação é de vocês.

AGRADECIMENTOS

Não foi fácil chegar até o final. Desde as tentativas para o ingresso no mestrado até o dia da defesa. Sozinha eu não conseguiria. A Vocês toda minha gratidão:

A Deus e todos os Santos que tenho crença por sempre me amparar nas dificuldades, emanando forças e ouvindo minhas orações. OBRIGADA!

Ao meu orientador Prof. Rodolfo, por me receber tão gentilmente no GEDAM, me aceitar enquanto possível aluna, mas, principalmente pela confiança enquanto aluna regular. Sou muito grata pela oportunidade de estudar um fenômeno que tem tanta dedicação (e me apaixonar por ele). Nunca esquecerei que confiou esse projeto a mim. Agradeço também pela amizade e paciência com meus conflitos. Você é uma pessoa muito iluminada, um grande modelo pra mim. TNX!

Ao prof. Guilherme Lage. Grande ícone acadêmico. Graças à confiança que teve em mim, consegui evoluir nos estudos e conhecimento. Agradeço por tudo que fez por mim, desde a graduação até dias presentes. Sua humildade e força de vontade são contagiantes! Outro grande modelo. Obrigada!

Ao Leonardo Portes, que tanto ajudou na construção deste trabalho, na tarefa e nas análises e nunca mediu esforços para que tivéssemos bons resultados. Espero ajudar alguém da mesma forma. Obrigada por se preocupar com minha formação, sempre fornecendo *feedback*.

Ao prof. Herbert pelas intervenções e ajuda sempre que solicitei. Obrigada pelas conversas e ensinamentos que vou levar para a vida.

Ao Prof. Go Tani, por aceitar compor a banca de avaliação e pelas contribuições. Obrigada!

Ao prof. André Gustavo Pereira de Andrade que se fez presente na construção deste trabalho. Obrigada por toda contribuição, no texto e nas análises. Obrigada pelas conversas.

À Alessandra Ugrinowitsch pela oportunidade de trabalho. Aprendi muito com a EC13.

Aos meus amigos de GEDAM (Aline, Carlinhos, Cláudio, Guilherme Van Keulen, Marcelo, Nádia, Vítor), obrigada pelo carinho, conversas, generosidade e ajuda de sempre. Esse grupo é repleto de gente fina, elegante e sincera!

Maria Carol, muito obrigada pela gentileza e força na coleta. Você é um doce de menina!

Aos meus “irmãos de orientação” (Márcio, Silvana, Léo, Marluce) pela união e motivação enquanto nosso orientador ausentou-se fisicamente. Uma prova de respeito a ele e aos nossos anseios, valor que levarei deste tempo.

Às amigas Marluce e Silvana, vocês são minha esperança de pureza e simplicidade nas pessoas. A fé e a força de vocês movem montanhas. É admirável. Obrigada pelo carinho, sempre.

Suzi, obrigada pelas conversas, e-mails, troca de materiais e carinho.

Fabiano, obrigada pelas conversas, trocas de conhecimento e por levantar meu astral nos dias de ansiedade.

Renata Passos, obrigada pelos ensinamentos de fisiologia do passado, com eles vieram grande amizade e carinho que tenho por você. Conte comigo!

Ao Leandro Dupin, que fez parte do meu amadurecimento pessoal e das batalhas por este trabalho.

Cris, sempre presente ouvindo minhas ansiedades e me mostrando que nada é em vão. Obrigada por me ensinar que as dificuldades fazem parte do processo e pelas conversas. Você é uma guerreira, uma pessoa muito evoluída! Conte comigo, sempre.

Maria Flávia (Maricota), a sua amizade só veio acrescentar. Deu-me a mão e me levantou nos momentos mais difíceis. Sempre solícita e mostrando o que posso ter de bom. Você é leve como uma brisa e forte feito uma tempestade. Um exemplo. Conte comigo, sempre.

Thábata, minha amiga mais doce, mais madura, mais forte... Nossas conversas são fontes de inspiração e calma para minha caminhada. Obrigada pelos ensinamentos diários, principalmente os de vida. Conte comigo, sempre.

Verônica, minha amiga de infância, nos bons e nos maus momentos nos unimos. Isso é fraternidade! Seu jeito descolado e sua experiência de vida sempre me trouxeram leveza. Obrigada! Vinícius, outro amigo de infância, a distância física não impede de sermos unidos. Sempre preocupados, presentes. Vocês são irmãos que escolhi. Lá se vão mais de 15 anos...

Mel, amo sua risada! Minha barriga dói! Continue presente por todos os dias! Obrigada "big sister"!

Bruno, cunhado querido! Grande amigo e conselheiro sincero. Companhia das noites de sexta-feira. Obrigada por me ouvir!

À minha irmã Renata, que parece "irmãe" de tanto cuidado que tem comigo. Muito dedicada, companheira e amiga de sempre, para sempre... Meu afeto e porto seguro. Amo você!

Aos meus pais, meus grandes amigos, meus pilares. Vocês deixaram muitos sonhos de lado em prol dos meus. De vocês, a maior característica: amor. Somente grandes amores caminham juntos. A nossa união é fruto desse amor. Amo vocês!

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi investigar o papel da magnitude e estrutura da variabilidade de desempenho na aquisição de uma habilidade motora de apontamento. Vinte e dois universitários voluntários (n=22) realizaram uma tarefa de apontamento em duas fases: aquisição e teste de transferência. A tarefa apresentou maior índice de dificuldade (ID) no teste de transferência. Dois grupos distintos foram formados de acordo com a magnitude da variabilidade – desvio padrão do tempo de movimento (BV e AV) e estrutura da variabilidade – expoente Hurst do tempo de movimento (BH e AH) do último bloco de tentativas da fase de aquisição. Os resultados mostraram que o grupo BV apresentou melhor desempenho para a medida de tempo de movimento e pior desempenho para a medida de número de acertos que o grupo AV. Os resultados ainda apontaram similaridade dos grupos AH e BH em todas as medidas no teste de transferência. De forma geral, foi possível concluir que apenas a magnitude de variabilidade influenciou negativamente o desempenho no teste de transferência e que, mesmo formando grupos distintos, o expoente de Hurst apresentou-se alto, mostrando variabilidade estruturada em ambos os grupos. Alta magnitude de variabilidade foi prejudicial para a velocidade de execução em relação à baixa magnitude de variabilidade. Por outro lado, a estrutura de variabilidade mais alta não resultou em diferenças no desempenho em comparação à estrutura de variabilidade mais baixa. Assim, foi possível concluir que magnitude e estrutura de variabilidade apresentam efeitos diferentes na aquisição de habilidades motoras. Enquanto a magnitude de variabilidade precisa ser reduzida com a prática, não se observaram valores baixos de estrutura de variabilidade quando o desempenho foi melhor.

Palavras-chave: aprendizagem motora, natureza da variabilidade, habilidade motora.

ABSTRACT

The aim of the present study was to verify the effects of magnitude and structure of variability in an aiming motor skill acquisition. Twenty two undergraduate volunteers (n=22) performed an aiming task in two phases: acquisition and transfer test. The task presented higher index of difficulty (ID) in transfer test than acquisition phase. Two distinct groups were set according to magnitude of variability – standard deviation of movement time (BV and AV), and structure of variability – Hurst exponent of movement time (BH and AH) in the last block of trials of acquisition phase. Results showed that BV presented better performance than AV in movement time and worse performance than AV in number correct trials (target was hit). Results still pointed out similar performance of AH and BH in all measures in transfer test. In general, it was possible to conclude that only magnitude of variability influenced negatively performance in transfer test, and even with distinct groups, Hurst exponent was high, showing structured variability in both groups. Then, it was possible to conclude that magnitude and structure of variability present different effects on motor skill acquisition. While magnitude of variability should be reduced through practice, it was not observed low values of structure of variability when performance was better.

Keywords: motor learning, nature of variability, motor skill.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: tarefa virtual de apontamento.....	29
GRÁFICO 1: comportamento dos voluntários nos três blocos da fase de aquisição e no teste de transferência para o Tempo de Movimento.....	25
GRÁFICO 2: comportamento dos voluntários nos três blocos da fase de aquisição e no teste de transferência para o Tempo de Movimento.....	26
GRÁFICO 3: desvio padrão do tempo de movimento para os grupos BV e AV.....	34
GRÁFICO 4: média do Tempo de Movimento dos grupos AV e BV na fase de aquisição e no teste de transferência.....	35
GRÁFICO 5: média do número de acertos dos grupos AV e BV na fase de aquisição e no teste de transferência.....	36
GRÁFICO 6: análise do expoente de hurst do tempo de movimento dos grupos BV e AV.....	37
GRÁFICO 7: expoente de hurst do tempo de movimento para os grupos BH e AH.....	37
GRÁFICO 8: média do Tempo de Movimento dos grupos BH e AH na fase de aquisição e no teste de transferência.....	38
GRÁFICO 9: média do Número de Acertos dos grupos BH e AH na fase de aquisição e teste de transferência.....	39
GRÁFICO 10: Desvio padrão do Tempo de Movimento para os grupos BH e AH.....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 TIPOS DE FONTES DE VARIABILIDADE.....	14
2.2 VARIABILIDADE COMO FATOR NEGATIVO.....	16
2.3 ASPECTOS FUNCIONAIS DA VARIABILIDADE.....	17
2.4 Hipóteses.....	21
3 ESTUDOS PILOTO.....	23
3.1 Estudo Piloto 1.....	23
3.2 Estudo Piloto 2.....	25
4 MÉTODO.....	27
4.1 Amostra.....	27
4.2 Instrumentos e tarefa.....	28
4.3 Delineamento.....	29
4.4 Procedimentos.....	30
4.5 Variáveis.....	31
4.5.1 Variáveis Dependentes.....	31
4.5.2 Variáveis Independentes.....	32
4.6 Análise Estatística.....	32
5 RESULTADOS.....	34
6 DISCUSSÃO.....	41
7 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
ANEXOS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A variabilidade de desempenho é um fenômeno presente no comportamento motor e na execução de habilidades motoras. Uma de suas consequências é que o ser humano não consegue reproduzir movimentos de forma idêntica. No contexto da aprendizagem motora em especial, a variabilidade se destaca quando o aprendiz tem seu primeiro contato com a habilidade em questão. Variabilidade e imprecisão são características marcantes da fase inicial de aprendizagem motora que, por meio de prática e *feedback* o aprendiz modifica seu desempenho para uma execução mais consistente e precisa (FITTS; POSNER, 1967; TANI, 2005).

O modelo que descreve os estágios de aprendizagem inclui a variabilidade de desempenho como um dos indicadores da fase que o aprendiz se encontra. No início da prática há um comportamento inconsistente, com alto número de erros e alta demanda de atenção para a execução. Passa em seguida para um estágio intermediário em que há redução dos erros e de variabilidade, mas que é ainda necessário um maior refinamento da habilidade praticada para que o erro e a variabilidade de movimento e de desempenho sejam reduzidos. Tais comportamentos são características do estágio autônomo (FITTS; POSNER, 1967). O alcance do estágio autônomo, além da redução dos erros, requer também o aumento da consistência, quando o aprendiz assume um padrão espaço-temporal de execução da habilidade motora. Ainda assim, a variabilidade não é totalmente eliminada. (DAVIDS; BUTTON; BENNETT, 2008).

Tradicionalmente a mensuração da variabilidade ocorre por meio de medidas e análises estatísticas tradicionais, tais como o desvio padrão, coeficiente de variação (NEWELL; CORCOS, 1993). Uma limitação da utilização do desvio-padrão é que ao utilizar essa medida, assume-se que as variações entre as tentativas na execução de uma tarefa são aleatórias e independentes (STERGIOU; DECKER, 2011). Entretanto, estudos recentes mostram que tais variações podem não ser aleatórias, mas apresentar uma organização temporal, uma estrutura da variabilidade (HARBOURNE; STERGIOU, 2009).

Para acessar a estrutura de variabilidade alguns estudos têm buscado diferentes análises que permitem novas interpretações sobre o papel da variabilidade no comportamento motor (NEWELL; SLIFKIN, 1998; TORRE; BALASUBRAMANIAM, 2011; TORRE; BALASUBRAMANIAM; RHEAUME; LEMOINE; ZELAZNIK, 2011; RILEY; TURVEY, 2002; WIJNANTS et al, 2009).

Nesta óptica de investigação, a variabilidade presente em sistemas biológicos saudáveis não tem sido considerada aleatória, mas pelo contrário, tem sido interpretada como ordenada (RILEY; TURVEY, 2002; STERGIUO; BUZZI; KURZ; HEIDEL, 2004) e pode ser avaliada por diferentes métodos de análise, como por exemplo, o expoente de Hurst (TORRE; BALASUBRAMANIAM; RHEAUME; LEMOINE; ZELAZNIK, 2011). Baseado nestes estudos seria possível interpretar a variabilidade como um fenômeno que pode desempenhar um papel funcional, contribuindo para a flexibilidade de comportamento, com estrutura e comportamento organizado (NEWELL; DEUTSCH; SOSNOFF; MAYER-KRESS, 2006).

Considerando que um sistema motor rígido teria dificuldades para demonstrar adaptabilidade, é possível especular uma possível contribuição da variabilidade de desempenho, permitindo assim melhores resultados frente a novas condições de execução (BENDA, 2001; BENDA; CORRÊA; LUSTOSA de OLIVEIRA; TANI, 2000; FONSECA; BENDA; PROFETA; UGRINOWITSCH, 2012; UGRINOWITSCH; SANTOS-NAVES; CARBINATTO; BENDA; TANI, 2011). Assim, o presente estudo tem por objetivo verificar o papel da magnitude e estrutura da variabilidade na aquisição de uma habilidade motora de apontamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Quando uma habilidade motora é aprendida, duas características apresentam-se singulares: a consistência e a variabilidade (TANI, 2000). Bartlett (1932) exemplifica que ao se executar uma rebatida no tênis o movimento produzido não é algo totalmente novo nem é meramente velho. Isto é, uma habilidade aprendida aparenta-se consistente na sua execução, porém apresenta também alguma variação, seja no padrão de movimento, em níveis mais microscópicos de análise, ou no desempenho em relação à meta da tarefa, visto em níveis mais macroscópicos de análise (TANI, 2000).

A variabilidade no comportamento motor já havia sido destacada no trabalho de Woodworth (1899), com a afirmativa de que nenhum movimento é igual ao outro. Esta afirmação seria verdadeira para diferentes pessoas realizando um movimento com a mesma exigência de meta da tarefa, ou uma mesma pessoa realizando esse mesmo movimento diversas vezes (NEWELL, CORCOS, 1993). Tani (2000) destaca que o ser humano não consegue reproduzir o movimento de forma idêntica por dois principais motivos: primeiro, o problema do controle dos graus de liberdade durante o desempenho, que aumentam à medida que o nível de análise se torna mais microscópico (BERNSTEIN, 1967); em segundo lugar, a imprevisibilidade das variações ambientais requer adaptação dos padrões de movimento às condições naquele momento.

O termo variabilidade tem várias utilizações na literatura de Comportamento Motor. Uma das possibilidades está vinculada à pesquisa realizada com estrutura de prática, sendo utilizada como contraposição à prática constante, isto é, a variabilidade da prática. A variabilidade da prática consiste em variações nas características do contexto ou variações da tarefa motora que está sendo executada. Esse tipo de prática é considerado um dos fatores que aumentam a chance de sucesso do aprendiz em novas situações (MEIRA JR; TANI; MANOEL, 2001). No contexto do presente estudo, a variabilidade será compreendida enquanto fenômeno presente em comportamento motor,

caracterizando cada execução como única. Alguns estudos enfatizaram a variabilidade do padrão de movimento (CHOW; DAVIDS; CHRIS BUTTON; REIN, 2009; SPENCER; ZELAZNIK, 2003), enquanto outros investigaram a variabilidade do desempenho ou de resultado (BENDA, 2001; WIJNANTS; BOSMAN; HASSELMAN; COX; VAN ORDEN, 2009). Uma associação entre ambos os casos é esperada, por exemplo, um padrão de movimento variável resultaria em um resultado variável. Todavia é possível também vislumbrar um padrão de movimento variável que alcance resultados consistentes. Assim, nem sempre a variabilidade do padrão de movimento está diretamente relacionada à variabilidade de resultado (BENDA *et al.*, 2005).

2.1 Tipos e Fontes de Variabilidade

Os tipos de variabilidade foram apresentados por Bernstein (1967) e Turvey, Fitch e Tuller (1982). O primeiro tipo é a variabilidade anatômica: no movimento realizado há uma relação entre os músculos ativados e as articulações. Uma articulação é envolvida por diferentes músculos que atuarão na execução motora. Um mesmo movimento pode ser realizado utilizando diferentes músculos, como por exemplo, a adução do ombro com o braço aberto que pode ser realizada via contração concêntrica do grande dorsal ou pela contração excêntrica do deltoide (TURVEY *et al.*, 1982).

O segundo tipo é a variabilidade mecânica a qual especifica que o contexto de execução do movimento é determinante. Por exemplo, se um antebraço está flexionado, um comando motor aplicado ao tríceps braquial para sua contração resultará na extensão de cotovelo. Por outro lado, este mesmo comando motor aplicado ao tríceps braquial durante uma flexão de cotovelo resultará na interrupção do movimento e não necessariamente na sua extensão. Isto é, um mesmo comando motor poderia resultar em comportamentos diferentes conforme o contexto. Dependendo do contexto, como a velocidade de execução do movimento ou as condições iniciais do movimento, a resposta

motora poderá ser diferente. Uma explicação para esse tipo de variabilidade é que os membros estão ligados como correntes biomecânicas, ou seja, uma mudança em uma junção do corpo causará mudança em outra junção deste corpo (TURVEY *et al.*, 1982).

O último tipo de variabilidade é a fisiológica, em que não há uma relação rígida entre o comando motor enviado e a ação motora final. Um comando motor é transmitido para o músculo causando sua contração. Contudo, não há como os sinais enviados chegarem à unidade motora sem qualquer interferência. Em qualquer transmissão de informação há ruído, perda de sinal. No caso do comportamento motor, há ruído neural e muito provavelmente o comando motor não chegará intacto na unidade motora (TURVEY *et al.*, 1982).

Outra classificação no estudo da variabilidade de desempenho está relacionada às suas fontes. O estudo de Schmidt, Zelaznik, Hawkins, Frank e Quinn (1979) pressupõe que a aprendizagem de uma habilidade está diretamente relacionada ao planejamento e execução dos movimentos a partir de uma estrutura abstrata que especifica como os movimentos serão realizados, isto é, o programa motor generalizado. Esta estrutura é responsável pelo controle motor e estabelece o padrão de movimento ao qual se adicionam as especificações do movimento, os parâmetros. Os mecanismos envolvidos nesta programação são fontes de ruído, que resultaria então na variabilidade no movimento.

A primeira fonte de variabilidade seria o ruído neural, comum na transmissão de sinal em sistemas biológicos. A segunda fonte de variabilidade seria a seleção do programa motor generalizado; quando o executante muda o planejamento do movimento rumo à meta da tarefa a cada nova tentativa. A terceira fonte de variabilidade estaria relacionada com a produção de parâmetros, por exemplo, ao estabelecer o nível de força ou velocidade de execução de um movimento. Este estudo de Schmidt *et al.* (1979) sugere que a variabilidade do desempenho seja interpretada como sinônimo de ruído ou de erro, e que mediante prática seria eliminado ou reduzido, otimizando a precisão do padrão de movimento.

2.2 Variabilidade como fator negativo

Estudos clássicos em Comportamento Motor (ADAMS, 1971, FITTS; POSNER, 1967; SCHMIDT, 1975; SCHMIDT *et al.*, 1979) apontam a variabilidade como um aspecto negativo presente no comportamento humano. Tais trabalhos consideram a invariância como um sinônimo de ordem na realização de movimentos e a variabilidade remanescente no desempenho motor similar a um ruído, uma característica que deveria ser eliminada ou reduzida ao longo da aquisição de habilidades motoras (NEWELL; SLIFKIN, 1998).

A variabilidade vista como um sinônimo de ruído é mencionada no estudo de Fitts (1954), quando cita que ao se realizar movimentos, ruídos saem dos canais de informação e conseqüentemente são adicionados aos sinais durante a transmissão da informação para a então realização do movimento. A resposta motora é resultado da capacidade de informação que passa pelos sinais somada aos ruídos já presentes nos canais de informação. Desta forma, a capacidade de informação para ações motoras seria limitada pela variabilidade, ou ruído, que seria característica remanescente de esforços repetidos para a uma resposta motora (FITTS, 1954).

Outra limitação da variabilidade é a sua operacionalização, pois estudos clássicos têm utilizado o desvio padrão ou outras medidas tradicionais de dispersão (coeficiente de variação, variância) como forma de mensuração do fenômeno (NEWELL; CORCOS, 1993). Como consequência, se o desvio padrão apresenta baixos valores, implicitamente, o ruído do sistema motor é desconsiderado, porém, quando a medida apresenta altos valores, acima de um limiar, o ruído é considerado um fator prejudicial para a organização do sistema. Ainda assim, não é conhecido um valor absoluto que defina a variabilidade como aceitável para uma determinada tarefa, ou mesmo que represente a invariância dos movimentos (NEWELL; SLIFKIN, 1998).

Mas será que a variabilidade do movimento deve sempre ser compreendida como um aspecto negativo (DAVIDS; BUTTON; BENNET, 2008)? Desde que

foi citada por Woodworth (1899) e Bernstein (1967), foi proposto que este fenômeno poderia apresentar características funcionais para o comportamento motor humano. Ainda, mesmo apontada como sinônimo de ruído, os estudos clássicos não testaram realmente se a variabilidade é ou não um fenômeno aleatório (ADAMS, 1971; FITTS; POSNER, 1967, SCHMIDT, 1975; SCHMIDT *et al.*, 1979). Para que isso seja testado, não basta utilizar o desvio padrão como medida global para análise de variabilidade, pois essa medida não é suficiente para analisar uma estrutura da variabilidade e explorar conceitos sobre ruído (SLIFKIN; NEWELL, 1998).

2.3 Aspectos funcionais da variabilidade

A variabilidade pode ser compreendida como as mudanças normais que ocorrem no desempenho motor mesmo em muitas repetições do movimento (STERGIOU; BUZZI; MAX; KURZ; HEIDEL, 2004). Um exemplo dessa afirmativa é quando um indivíduo realiza uma caminhada em dias num mesmo local. Seu padrão de andar nunca será exatamente igual, refletindo na variabilidade passo a passo neste ciclo de movimento (HARBOURNE; STERGIOU, 2009).

Além disso, alguns estudos têm questionado a visão negativa da variabilidade, sugerindo o seu papel funcional no comportamento motor (NEWELL; SLIFKIN, 1998; VILACOURT; NEWELL, 1999). Para isso, tais estudos têm utilizado novas formas de medidas e análises para o estudo da variabilidade, que ao invés de ser compreendida enquanto ruído, é possível verificar comportamento estruturado.

A variabilidade pode ser observada nas flutuações que permanecem no desempenho, mesmo após um longo período de prática, e que, quando aumentadas até um ponto crítico, o sistema se tornaria altamente instável e propenso à mudança para um novo padrão de movimento. Essa afirmação torna-se significativa porque explica a transição entre estados comportamentais

e implica que a ausência de variabilidade pode indicar comportamentos rígidos e inflexíveis, com adaptabilidade limitada para responder às mudanças ambientais ou mudanças exigidas na tarefa (STERGIOU; DECKER, 2011). Neste caso, a variabilidade poderia ser uma condição a favorecer a adaptabilidade, isto é, uma espécie de fonte de flexibilidade (BENDA, 2001; BENDA *et al.*, 2000).

Assim, a variabilidade não seria vista como um ruído ou um aspecto negativo a ser eliminado ou reduzido à medida que uma habilidade motora é adquirida. Pelo contrário, esta proposição foca nas transições comportamentais e considera que a variabilidade que ainda permanece após grande quantidade de prática é uma característica dos sistemas biológicos e que pode possuir um papel funcional na aprendizagem motora (BENDA, 2001; STERGIOU; DECKER, 2011).

Uma das possibilidades de verificar o papel funcional deste fenômeno tem sido o uso de diferentes análises que mostram não a magnitude da variabilidade, mas a sua estrutura. Tais ferramentas de análise captam como a variabilidade se comporta ao longo do tempo, mais especificamente, a sua organização temporal na distribuição dos dados (STERGIOU, DECKER, 2011). O uso destas ferramentas permite diferenciar se a variabilidade observada apresenta estrutura organizada (com correlação de longo prazo) ou se é apenas um processo aleatório. A mudança em relação ao uso do desvio padrão é que ele somente indica a magnitude da variabilidade, que pode ser mais (maior desvio padrão) ou menos (menor desvio padrão) alta. Essa alteração no modo de mensuração conduziu a novas perspectivas no estudo do comportamento motor. Assim, é possível verificar se a magnitude da variabilidade é alta ou não, mas entender se ela apresenta estruturada ou um processo aleatório no comportamento. Ainda, dois comportamentos podem apresentar valores semelhantes na medida de desvio padrão, porém é possível que se diferenciem quanto à formação ou não de estrutura de variabilidade (NEWELL; SLIFKIN, 1998; SLIFKIN; NEWELL, 1998).

Alguns estudos sugeriram um papel funcional da variabilidade, como um comportamento flexível ou adaptável, analisando-a via estrutura e não magnitude por novos métodos de análise, encontrando resultados que permitiram interpretar funções benéficas deste fenômeno ao comportamento motor (SLIFKIN; NEWELL, 1998; SLIFKIN; NEWELL, 2000; SLIFKIN; VILLACOURT; NEWELL; 1999). Tais estudos utilizaram uma tarefa de força isométrica tendo como meta a produção de uma porcentagem da força máxima. Foram utilizadas como medidas a entropia aproximada e o desvio padrão. A comparação dos resultados das duas medidas mostrou que quando a meta da tarefa se aproximava do comportamento exigido, a magnitude (desvio padrão) da variabilidade do erro também aumentava, indicando um aumento linear da variabilidade correspondente aos aumentos de níveis de força exigidos. Porém, a análise da entropia aproximada apontou que níveis médios de exigência de força apresentaram valores altos de variabilidade e níveis próximos do máximo de exigência de força apresentaram valores mais baixos de variabilidade. Assim, ao utilizar a entropia aproximada, o comportamento da variabilidade é diferente, aumentando até um nível máximo e depois sendo reduzida, à medida que a meta da tarefa se aproximava da força máxima (SLIFKIN; NEWELL, 1998; SLIFKIN; NEWELL, 2000; SLIFKIN; VILLACOURT; NEWELL; 1999). Os valores reduzidos de Entropia Aproximada (menos complexos) na situação de proximidade da força máxima permitem a interpretação que o comportamento foi repetido em diferentes momentos da série temporal, embora este comportamento seja variável, mostra-se similar nas comparações de tentativas futuras do movimento exigido (STERGIOU; BUZZI; KURZ; HEIDEL, 2004).

Quando associada ao contexto da aprendizagem motora, a variabilidade que permanece ao longo de tentativas de prática, quando analisadas pela sua estrutura, não apresenta comportamento de ruído aleatório, que tem como característica uma não dependência no comportamento entre tentativas. O comportamento da variabilidade observado apresenta dependência entre tentativas passadas e futuras. Esse comportamento foi encontrado em estudos que comparavam a especificidade da tarefa (TORRE; BALASUBRAMANIAM; RHEAUME; LEMOINE; ZELAZNIK, 2011), análises específicas de estrutura e

magnitude de variabilidade em tarefas bimanuais (TORRE; BALASUBRAMANIAM, 2011) e em tarefas de tempo de reação (VAN ORDEN; HOLDEN; TURVEY, 2003, 2005). Esses achados revelam que um comportamento mais variável não significa que ele seja aleatório e um comportamento mais controlável não significa ser mais determinístico (RILEY; TURVEY, 2002). Enfim, uma estrutura mesmo que variável, pode ser considerada ordenada no comportamento motor.

Winjnants *et al.* (2009) investigaram se ocorria a mudança de estrutura da variabilidade após um período de prática e para isso utilizou uma tarefa semelhante à utilizada por Fitts (1954). Os principais achados foram a redução do tempo de movimento (aumento da velocidade) e a mudança da estrutura de variabilidade com a prática, que alcançou valores que representam comportamento ordenado. Neste caso, a prática foi um fator que contribuiu para a organização do sistema motor. Assim, Winjnants *et al.* (2009) concluíram que a aprendizagem motora conduziu à mudança de estrutura de variabilidade, que se tornou um comportamento estruturado.

Os estudos que apontam a variabilidade enquanto um fenômeno que pode possuir aspectos funcionais no comportamento motor sugerem também que, além de a variabilidade apresentar comportamento estruturado, pode apresentar um indicativo de flexibilidade e adaptabilidade na aprendizagem motora. A variabilidade, mesmo com estrutura organizada, tira o sistema do seu estado estável. As flutuações remanescentes no comportamento poderiam apresentar um papel construtivo agindo como uma fonte de flexibilidade para a formação de novos padrões de movimento (KELSO; DING, 1993). Assim, a variabilidade poderia se mostrar benéfica na solução de novos problemas, como uma fonte de adaptabilidade diante mudanças na tarefa (BENDA, 2001; BENDA *et al.*, 2000; BENDA, TANI, 2005).

Uma das formas de verificar se este fenômeno é realmente um indicativo de flexibilidade é realizar alterações na tarefa e verificar o desempenho nesta nova condição. Tais modificações exigiriam um comportamento flexível para efetuar os ajustes com a qualidade esperada. Estudos com este objetivo encontraram

que um grupo com alta variabilidade remanescente após um período de prática apresentou melhor desempenho diante de novas condições de execução da tarefa que o grupo de baixa variabilidade (BENDA, 2001; BENDA *et al.*, 2000; BENDA; TANI, 2005). Desta forma, a variabilidade poderia ser benéfica na solução de problemas, no que tange à adaptabilidade diante mudanças na tarefa.

Embora estudos sobre variabilidade sigam para o caminho de que esse fenômeno apresenta um papel benéfico na aquisição de habilidades motoras, dois aspectos são divergentes: por um lado, os estudos que verificaram aspectos funcionais da variabilidade e entendem que este fenômeno pode ser um indicativo de flexibilidade não realizaram testes com modificação da tarefa, porém, utilizam métodos de análises via estrutura de variabilidade (NEWELL; SLIFKIN, 1998; SLIFKIN; VILLACOURT, NEWELL, 1999; TORRE; BALASUBRAMANIAM; 2011; TORRE; BALASUBRAMANIAM; RHEAUME; LEMOINE; ZELAZNIK, 2011; RILEY; TURVEY, 2002; WIJNANTS *et al.*, 2009). Por outro lado, os estudos que testaram os efeitos do fenômeno diante de alterações na tarefa utilizaram apenas medidas de magnitude da variabilidade tradicionais como desvio padrão ou coeficiente de variação para sua mensuração (BENDA, 2001; BENDA *et al.*, 2000; BENDA; TANI, 2005).

Assim, o presente estudo tem por objetivo verificar o papel da magnitude e estrutura da variabilidade na aquisição e transferência de uma habilidade motora de apontamento.

2.4 Hipóteses

HIPÓTESE 1 – O grupo de menor magnitude de variabilidade de tempo de movimento apresentará melhor desempenho no teste de transferência.

HIPÓTESE 2 – O grupo de maior estrutura de variabilidade (Hurst) de tempo de movimento apresentará melhor desempenho no teste de transferência.

HIPÓTESE 3 – Os resultados do teste de transferência serão diferentes quando os grupos forem divididos conforme a magnitude e a estrutura de variabilidade do tempo de movimento.

3 ESTUDOS PILOTO

3.1 Estudo Piloto 1

Objetivo: Testar o funcionamento da tarefa construída e o comportamento dos voluntários.

Método:

Amostra: Participaram deste piloto quatro voluntários destros, do sexo masculino, com idade entre 21 e 33 anos.

Tarefa: A tarefa utilizada foi similar à tarefa de Fitts (1954), em que os voluntários deveriam realizar traços horizontais, com o membro não dominante, entre dois alvos retangulares de 0,6 cm. de largura para a fase de aquisição e 0,4 cm. de largura posicionados a uma distância de 24 cm entre eles de maneira mais rápida e precisa possível.

Instrumentos: Um computador, um projetor de imagens (data-show), uma mesa digitalizadora e uma caneta sensor para realização de tarefas nesta mesa.

Procedimentos: Os voluntários foram convidados pela experimentadora para participarem do estudo. Após o convite, foram encaminhados para uma sala apropriada para coleta de dados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG. Em seguida, sentaram-se em frente à mesa digitalizadora, onde o membro esquerdo ficava livre para a realização do movimento sobre a mesa. Após explicação do objetivo do estudo, os voluntários receberam a seguinte instrução verbal: “Você está diante uma mesa digitalizadora, o movimento realizado neste equipamento capta os dados do seu desempenho para um programa do computador. Você está vendo dois retângulos amarelos projetados sobre mesa. Quando você ouvir a palavra prepara, você deve posicionar a caneta sobre o retângulo da direita e começar o movimento quando sentir-se confortável. A partir do início do movimento, você deverá fazer movimentos (traços horizontais) contínuos, o mais rápido e preciso possível com o objetivo de acertar os dois alvos”.

Delineamento: O piloto consistiu de dois momentos distintos: fase de aquisição, com realização da tarefa com ID no valor 6,3 bits/resp (0,6 cm de largura do alvo e 24 cm de distância entre eles); e teste de transferência com realização da tarefa com ID no valor 6,9 bits/resp (0,4 cm de largura do alvo e 24 cm de distância entre eles). Esses valores de IDs foram baseados no trabalho de Wijnants et al. (2009). A fase de aquisição consistiu de três blocos de 1024 tentativas, em que uma tentativa correspondia a um traço, com intervalo de 10 minutos entre os blocos. Após a realização do último bloco, os voluntários descansavam por mais 10 minutos, para então iniciar-se o teste de transferência. A instrução verbal foi a mesma do início da tarefa, porém foi enfatizado que mesmo com os alvos mais estreitos, os participantes deveriam realizar o movimento de maneira mais rápida e precisa possível.

Resultados e conclusão: Foi observado que houve praticamente a manutenção do Tempo de Movimento para três sujeitos da amostra, com leve redução dos valores, nos três blocos da fase de aquisição e no teste de transferência (Gráfico 1). Somente um voluntário reduziu os valores do tempo de movimento na fase de aquisição e no teste de transferência. Os quatro voluntários comentaram que a tarefa causava cansaço no membro de execução. Uma possível conclusão para a maioria dos voluntários não apresentarem melhora de desempenho pode ser explicada por essa fadiga. A partir dos resultados e do relato dos voluntários, foi realizado um segundo piloto.

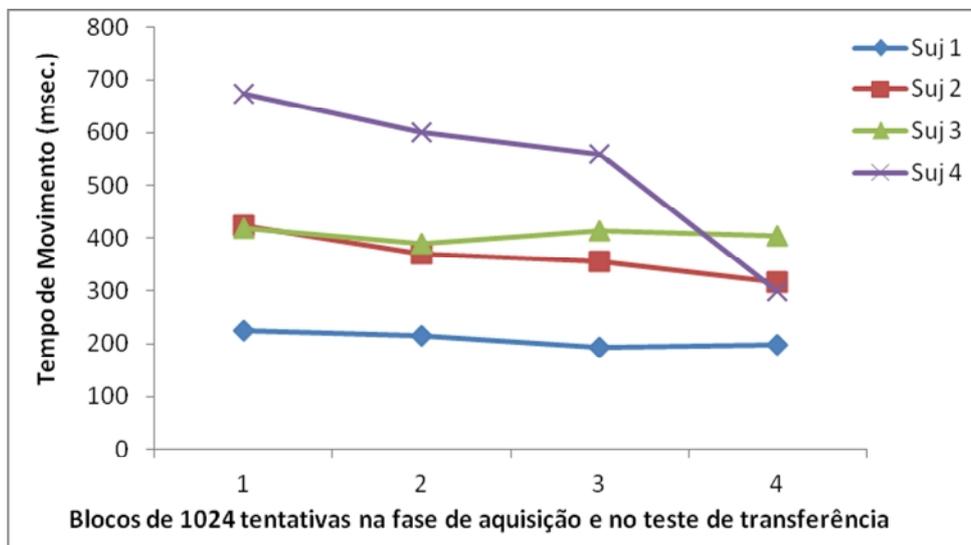


GRÁFICO 1: Comportamento dos voluntários nos três blocos da fase de aquisição e no teste de transferência (bloco 4 do gráfico) para o Tempo de Movimento.

3.2 Estudo Piloto 2

Objetivo: Verificar o comportamento dos participantes em novo delineamento com vistas a diminuir o efeito da fadiga.

Método:

Amostra: Participaram deste estudo piloto três voluntários, com idade entre 22 e 30 anos, destros do sexo masculino.

Tarefa: A tarefa foi a mesma realizada no piloto 1.

Instrumentos: Os instrumentos foram os mesmos utilizados no piloto 1.

Delineamento: Este estudo piloto constou de fase de aquisição e teste de transferência como no piloto 1. Houve a redução de um bloco de tentativas na fase de aquisição, aumento do intervalo entre os blocos para 20 minutos e realização do teste de transferência 24 horas após a fase de aquisição.

Resultados e conclusão: Foi possível observar a redução do Tempo de Movimento do bloco 1 para o bloco 2 e sua manutenção no teste de transferência (Gráfico 2). Embora os voluntários tenham relatado cansaço do

membro de execução após a realização do bloco 1 da fase de aquisição, os voluntários também afirmaram que o intervalo de 20 minutos foi suficiente para recuperar e então começar o bloco seguinte. Não foi relatado incomodo para a realização do teste de transferência.

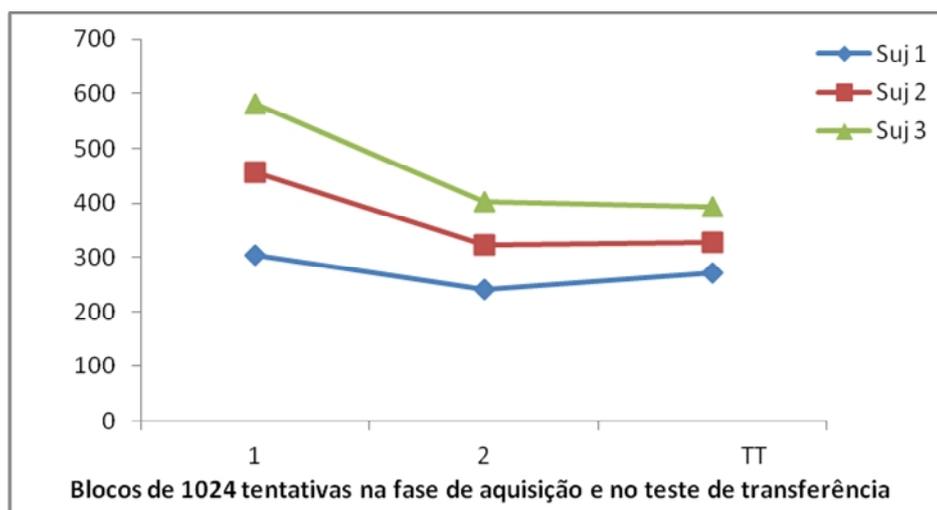


GRÁFICO 2: Comportamento dos voluntários nos três blocos da fase de aquisição e no teste de transferência para o Tempo de Movimento.

4 MÉTODO

4.1 Amostra

Participaram deste estudo 22 voluntários universitários (M = 22,04, DP= 2,53 anos de idade), todos do sexo masculino, destros, inexperientes na tarefa. O cálculo amostral foi realizado com base em Sampaio (2007), conforme o seguinte procedimento.

$$\text{Intervalo de Confiança (IC)} = \frac{2 \times \text{Coeficiente de variação}}{\sqrt{r \text{ ou } n}}$$

$$\text{IC}^2 = (2 \times \text{CV})^2 / r \text{ ou } n \rightarrow \text{IC}^2 \times r \text{ ou } n = (2 \times \text{CV})^2 \rightarrow n = (2 \times \text{CV})^2 / \text{IC}^2$$

No presente estudo, o Coeficiente de Variação do tempo de movimento foi de 0,1342 ou 13,42% (um valor baixo). De acordo com Sampaio (2007), para variáveis biológicas o IC escolhido pode ficar entre 5 a 30%. O autor destaca que quando se tem um CV baixo (abaixo de 30%) utiliza-se como IC o limite de 10% para calcular a amostra da pesquisa. Como o CV desta pesquisa foi considerado baixo, então se optou pelo limite do IC de 10%. Assim, o cálculo amostral resultou em:

$$n = (2 \times \text{CV})^2 / \text{IC}^2 \rightarrow n = (2 \times 13,42)^2 / 10^2 \rightarrow n = 676 / 100$$

n = 6,76, ou 7.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – COEP/ UFMG, sob parecer número ETIC 0182.0.203.000-11 (Anexo 2).

4.2 Instrumento e Tarefa

Os instrumentos usados neste trabalho foram uma mesa digitalizadora WACON Intuos 3, com frequência de aquisição de captura de até 200 Hertz que ficava conectada a um computador Intel® Core™ i3-370M, uma caneta-sensor que possibilita a realização de diferentes tarefas de habilidades gráficas na mesa digitalizadora e um projetor multi-mídia (*data-show*) posicionado a 90° que projetou os alvos da tarefa na mesa digitalizadora, o que reduziu qualquer interferência como sombra do membro do voluntário durante a execução da ação.

A tarefa realizada pelos voluntários foi similar à tarefa utilizada por Fitts (1954). Foi desenvolvida uma rotina específica para a execução da Tarefa Virtual de Apontamento. O formato da tarefa e captura dos dados foram realizados desenvolvidos no ambiente computacional LABVIEW®. A tarefa consistiu realizar traços horizontais com a caneta eletrônica sobre a mesa digitalizadora, utilizando o membro não dominante (movimentos de adução e abdução dos ombros e cotovelos do membro superior esquerdo) de modo a acertar os alvos retangulares projetados nos extremos laterais da superfície da mesa digitalizadora. A largura e a distância do alvo foram calculadas resultando em uma tarefa mais simples e outra mais complexa conforme o índice de dificuldade (FITTS, 1954). O menor índice de dificuldade foi $ID=6,3$ bits/resposta a partir da largura dos alvos de 0,6 cm. e distância entre alvos de 24 cm. Para a tarefa mais complexa, utilizou-se a mesma distância entre alvos de 24 cm e menor largura dos alvos (0,4 cm), resultando em $ID= 6,9$ bits/resposta. Estes valores assim como o comprimento dos retângulos de 7 cm foram definidos por estudo piloto. Conforme será visto no delineamento, a tarefa escolhida, executada com elevado número de tentativas, e, portanto, de natureza contínua, permite verificar o papel da variabilidade via análise da sua estrutura. A condição experimental pode ser visualizada na Figura 1.

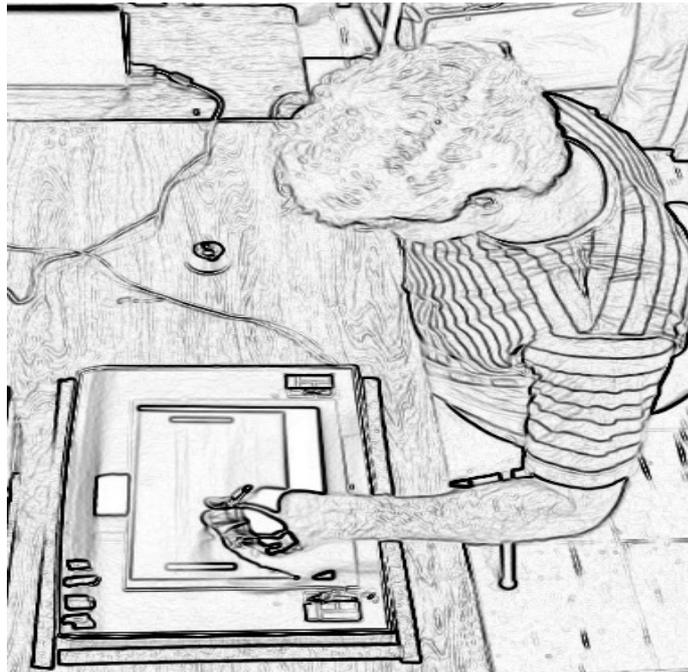


FIGURA 1: Tarefa Virtual de Apontamento

4.3 Delineamento

Para atingir o objetivo deste estudo, o experimento consistiu de duas fases distintas realizadas em dois dias, com intervalo de vinte e quatro horas: fase de aquisição e teste de transferência, respectivamente. A fase de aquisição foi composta por dois blocos de 1024 tentativas, sendo cada traço considerado uma tentativa. Entre os dois blocos de tentativas, houve um intervalo de 20 minutos. Este intervalo foi estabelecido via estudo piloto, porque, ao final da tarefa (nos traços finais) os voluntários declararam sentir desconforto nos ombros. Após esse intervalo, os voluntários já haviam se recuperado para iniciar o bloco seguinte de tentativas. Nesta fase, os voluntários realizaram os movimentos sem que houvesse mudança na tarefa, mantendo-se o índice de dificuldade em 6,3 bits/resposta. Após 24 horas de realização da primeira fase,

os voluntários voltaram ao local da coleta para a realização do teste de transferência, com um índice de dificuldade mais alto (6,9 bits/resposta), caracterizando a modificação na tarefa.

Inicialmente, este estudo apresentaria três grupos distintos de variabilidade, totalizando em 21 o número da amostra. Porém, ao dividir os 22 voluntários que participaram da coleta pela metade, encontrou-se dois grupos estatisticamente diferentes, tanto conforme o desvio padrão do tempo de movimento, como também pelo expoente de Hurst, com 11 voluntários em cada grupo.

Posteriormente à coleta, os 22 voluntários foram divididos em grupos diferentes de acordo com o tipo de medida: expoente de Hurst e desvio padrão do Tempo de Movimento no último bloco de tentativas da fase de aquisição. Os grupos foram denominados de Baixa Variabilidade e Alta Variabilidade quando divididos pelo desvio padrão e Baixo Hurst e Alto Hurst quando divididos pelo expoente de Hurst.

4.4 Procedimentos

Os participantes foram convidados individualmente pela experimentadora na EEEFTO – UFMG e então um agendamento de dia e horário foi feito de acordo com a disponibilidade do voluntário. No dia da coleta o voluntário foi recebido pela experimentadora em uma sala apropriada para coletas de dados.

Ao início da coleta propriamente dita, o participante sentou-se com o corpo posicionado à frente e à direita da mesa digitalizadora, deixando o braço e antebraço esquerdo com total mobilidade sobre a mesa digitalizadora. Neste momento, os alvos já estavam projetados e o participante conseguia vê-los. O objetivo da pesquisa foi explicado e em caso de concordância, os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Foi então fornecida a seguinte instrução verbal:

“Você está diante uma mesa digitalizadora. O movimento realizado neste equipamento capta os dados do seu desempenho para um programa do

computador. Você está vendo dois retângulos amarelos projetados sobre mesa. Quando você ouvir a palavra prepara, você deve posicionar a caneta sobre o retângulo da direita e começar o movimento quando se sentir confortável. A partir do início do movimento, você deverá fazer movimentos (traços horizontais) contínuos, o mais rápido e preciso possível com o objetivo de acertar os dois alvos. Você fará esses movimentos em dois blocos distintos de tentativas, com intervalo de 20 minutos entre eles”.

No segundo dia, após vinte e quatro horas foi realizado o teste de transferência com a seguinte instrução verbal: “A tarefa realizada é a mesma do dia anterior, porém, o alvo a ser acertado tem largura menor. Você deve realizar a tarefa da mesma forma, movimentos contínuos, o mais rápido e preciso possível”.

4.5 Variáveis

4.5.1 Variáveis Dependentes

- Tempo de movimento: Tempo gasto em milissegundos para realizar uma tentativa, definida por um traço sobre a mesa digitalizadora.
- Número de acertos ao alvo: Número de interrupções para consequente reversão do movimento para o traço seguinte realizada dentro da faixa estabelecida como alvo.
- Desvio padrão do Tempo de Movimento: Variabilidade dos grupos no tempo de movimento em milissegundos.

- Hurst: Formação de estrutura de variabilidade.

4.5.2 Variável Independente

- Nível de variabilidade dos voluntários, dividido em dois grupos (alta e baixa) por desvio padrão do tempo de movimento e expoente de Hurst.

4.6 Análise Estatística

Os dados de todos os 22 voluntários foram organizados em ordem crescente e divididos em grupos a partir de duas medidas distintas de variabilidade: desvio padrão e expoente de Hurst do tempo de movimento. Quando divididos pelo desvio padrão, os grupos foram nomeados de Alta Variabilidade (AV) e Baixa Variabilidade (BV) e quando divididos pelo expoente de Hurst, os grupos foram nomeados de Alto Hurst (AH) e Baixo Hurst (BH).

O expoente de Hurst é extraído a partir do método de análise Detrended Fluctuation Analysis. É possível afirmar que a série temporal é persistente quando os expoentes possuem valores $0,5 < H < 1$. Esses valores possuem dependência de comportamento entre um ponto e outro da série temporal (AMOUD; ABADI; HEWSON; MICHEL-PELLEGRINO; DOUSSOT; DUCHÊNE, 2007). Quando o expoente extraído possui valores $0 < H < 0,5$, a série temporal também apresenta dependência, mas é denominada anti-persistente. O valor 0,5 é caracterizado como ruído branco aleatório, ou seja, não há essa dependência, nem algum comportamento que apresente ordem na série temporal (TORRE; BALASUBRAMANIAM, 2011).

A partir da divisão dos grupos foi conduzido um teste t de Student para amostras dependentes na fase de aquisição e um teste t de Student para

amostras independentes no teste de transferência, para as medidas de desempenho (Tempo de Movimento e de Número de Acertos ao alvo) como para as medidas de variabilidade (desvio padrão do tempo de movimento e expoente de Hurst do tempo de movimento).

Foi ainda realizado o teste t de Student para amostras independentes no segundo bloco de tentativas da fase de aquisição para as medidas de variabilidade.

5 RESULTADOS

A partir da separação conforme o nível de variabilidade os grupos foram analisados em todo experimento. Primeiramente serão apresentados os dados dos grupos divididos pelo desvio padrão, grupos Alta Variabilidade (AV) e Baixa Variabilidade (BV). Posteriormente serão apresentados os dados dos grupos divididos pelo expoente de Hurst (Alto Hurst – AH e Baixo Hurst – BH).

5.1 Divisão dos grupos pela magnitude da variabilidade do tempo de movimento (desvio padrão)

Em primeiro lugar, foi realizada a comparação dos grupos de alta e baixa variabilidade no segundo (último) bloco de tentativas, o momento selecionado para a separação dos grupos. O teste t de Student para amostras independentes registrou diferença significativa [$t(df=20)=-4,91$, $p=0,000085$]. Esta análise mostrou que o grupo alta variabilidade apresentou realmente variabilidade mais alta que o grupo baixa variabilidade (Gráfico 3).

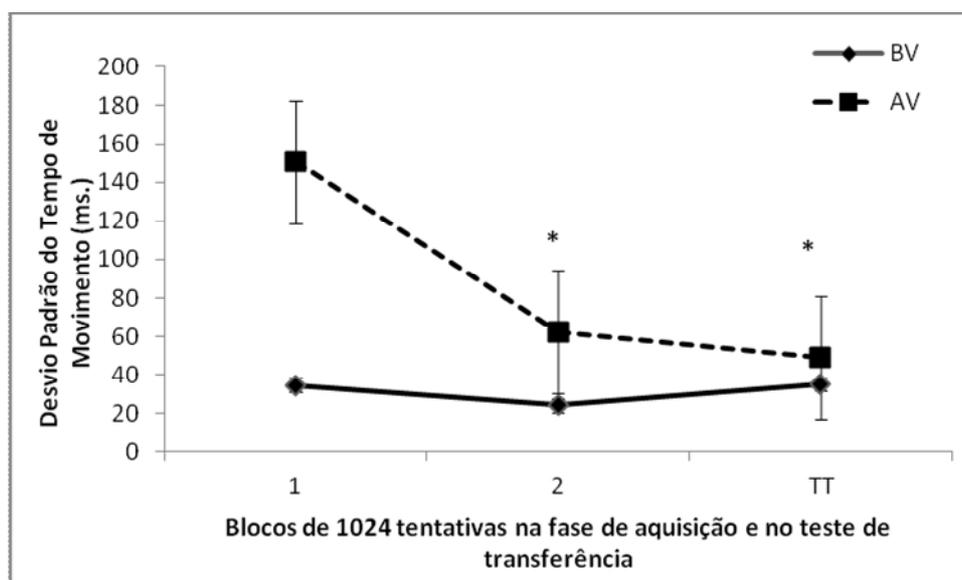


Gráfico 3: Desvio padrão do Tempo de Movimento para os grupos BV e AV. Os asteriscos indicam onde ocorreu diferença significativa.

5.2 Comportamento dos grupos Baixa Variabilidade (BV) e Alta Variabilidade (AV) para Tempo de Movimento, Desvio Padrão do Tempo de Movimento, Número de acertos e Hurst

Tempo de Movimento:

Na fase de aquisição, a análise apontou diferença significativa para o grupo BV [$t(df=10)=2,77$, $p=0,02$], sendo que o último bloco de tentativas apresentou um tempo inferior que o primeiro (Gráfico 4). Por outro lado, a análise não encontrou diferença significativa para o grupo AV [$t(df=10)=0,52$, $p=0,61$]. No teste de transferência, a análise detectou diferenças significativas entre os grupos [$t(df=20)=-2,59$, $p=0,018$], sendo o BV mais rápido que o AV.

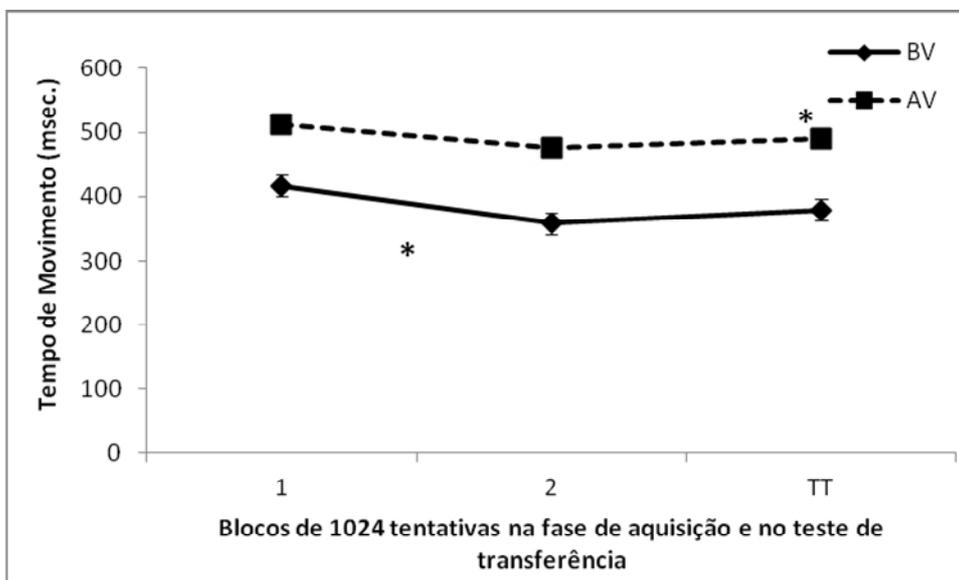


GRÁFICO 4: Média do Tempo de Movimento dos grupos AV e BV na fase de aquisição e no teste de transferência. Os asteriscos indicam onde ocorreu a diferença significativa.

Desvio Padrão do Tempo de Movimento

Na fase de aquisição, a análise apontou diferença significativa para o grupo BV [$t(df=10)=4,08$, $p=0,002$], porém não apresentou diferença significativa para o

grupo AV [$t(df=10)=1,13$, $p=0,283$]. No teste de transferência, verificou-se superioridade do grupo BV sobre o AV [$t(df=20)=-2,48$, $p=0,022$] (Gráfico 3).

Número de acertos:

Na fase de aquisição, a análise não apontou diferença significativa para os grupos, BV [$t(DF=10)=0,14$, $p=0,887$], AV [$t(DF=10)=-1,10$, $p=0,296$] (Gráfico 5). No teste de transferência, foi revelado diferença significativa entre os grupos [$t(df=20)=-2,12$, $p=0,046$].

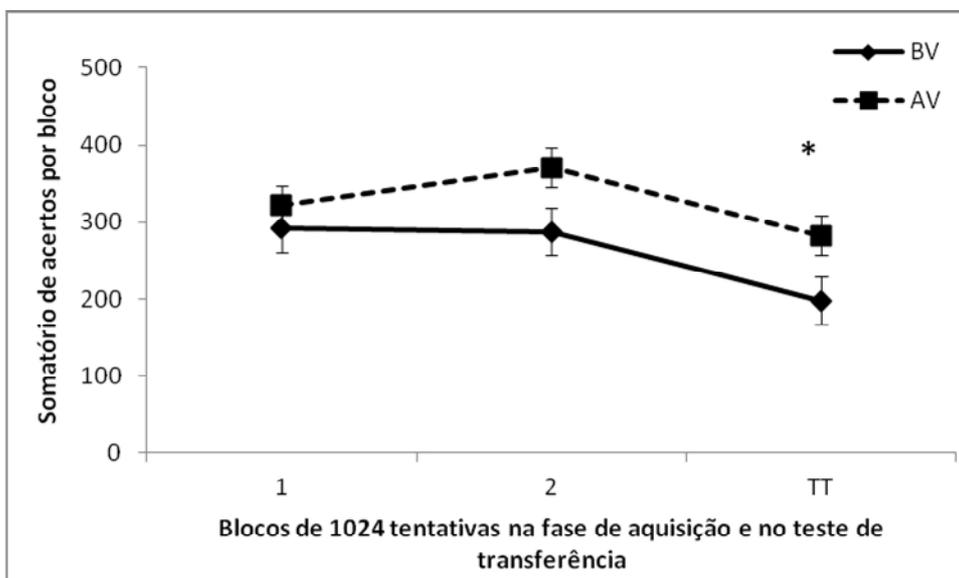


GRÁFICO 5: Média do somatório de acertos dos grupos BV e AV na fase de aquisição e no teste de transferência. O asterisco indica onde ocorreu a diferença significativa.

Hurst:

Na fase de aquisição, a análise não apontou diferença significativa para os grupos BV [$t(df=10)=0,79$, $p=0,447$], AV [$t(df=10)=0,61$, $p=0,552$] (Gráfico 6). Foi conduzida uma análise entre os grupos por meio do teste t de Student para amostras independentes, no segundo bloco da fase de aquisição. A análise não apontou diferença significativa entre os grupos [$t(df=20)=0,31$, $p=0,757$]. No teste de transferência, não foi revelado diferença significativa entre os grupos [$t(df=20)=-1,69$, $p=0,106$].

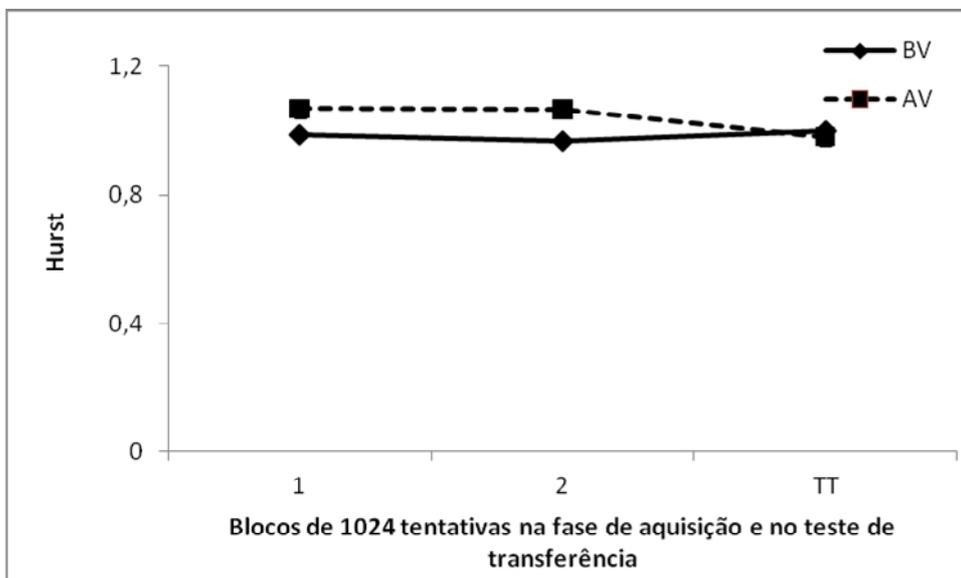


Gráfico 6: Análise do Expoente de Hurst do Tempo de Movimento dos grupos BV e AV.

5.3 Divisão dos grupos pela estrutura de variabilidade (Expoente de Hurst)

Em primeiro lugar, foi realizada a comparação dos grupos de alto e baixo Hurst no segundo (último) bloco de tentativas, o momento selecionado para a separação dos grupos. O teste t de Student para amostras independentes registrou diferença significativa [$t(df=20)=-5,91$, $p=0,000009$]. Esta análise confirmou que o grupo alto Hurst apresentou realmente uma estrutura de variabilidade mais alta que o grupo baixo Hurst (Gráfico 7).

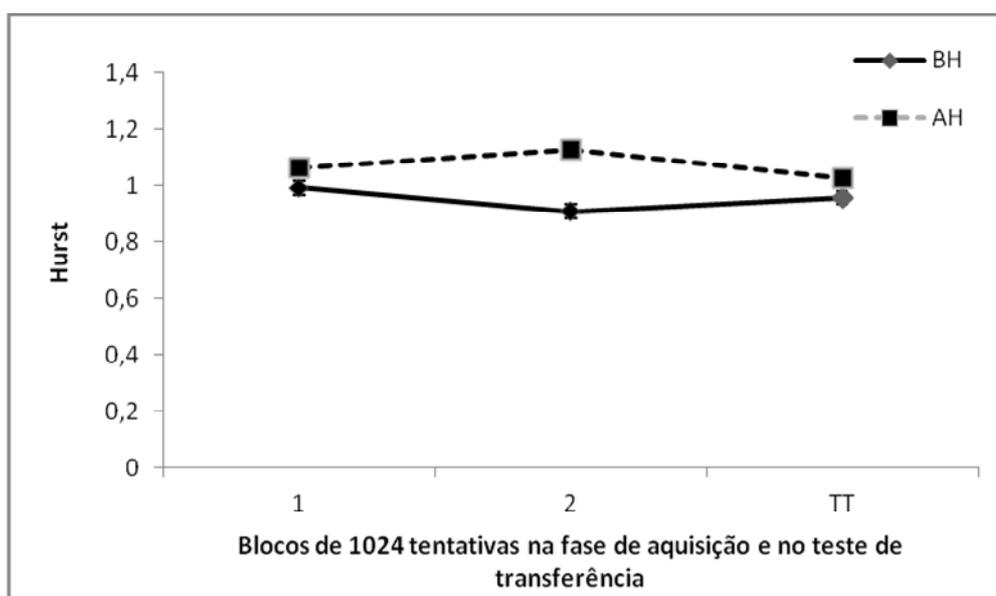


Gráfico 7: Expoente de Hurst do Tempo de movimento para os grupos BH e AH. O asterisco indica onde ocorreu diferença significativa.

5.4 Comportamento dos grupos Baixo Hurst (BH) e Alto Hurst (AH) para Tempo de Movimento, Desvio Padrão do Tempo de movimento, Número de acertos e Hurst

Tempo de movimento:

Na fase de aquisição, a análise não apontou diferença significativa para os grupos BH [$t(df=10)=0,69$, $p=0,51$] e AH [$t(df=10)=1,14$, $p=0,28$]. No teste de transferência, a análise não detectou diferenças significativas entre os grupos [$t(df=20)=0,29$, $p=0,77$] (Gráfico 8).

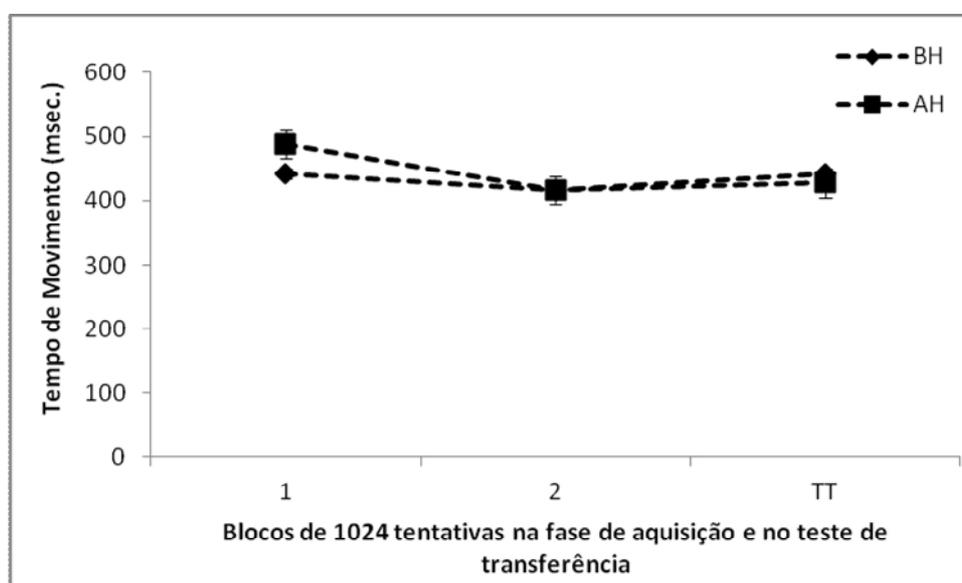


GRÁFICO 8: Média do Tempo de Movimento dos grupos BH e AH na fase de aquisição e no teste de transferência.

Número de acertos:

Na fase de aquisição não foi encontrada diferença significativa para os grupos BH [$t(df=10)=-1,09$, $p=0,298$] e AH [$t(df=10)=0,08$, $p=0,935$]. No teste de transferência, não foi revelado diferença significativa entre os grupos [$t(df=20)=1,36$, $p=0,19$] (Gráfico 9).

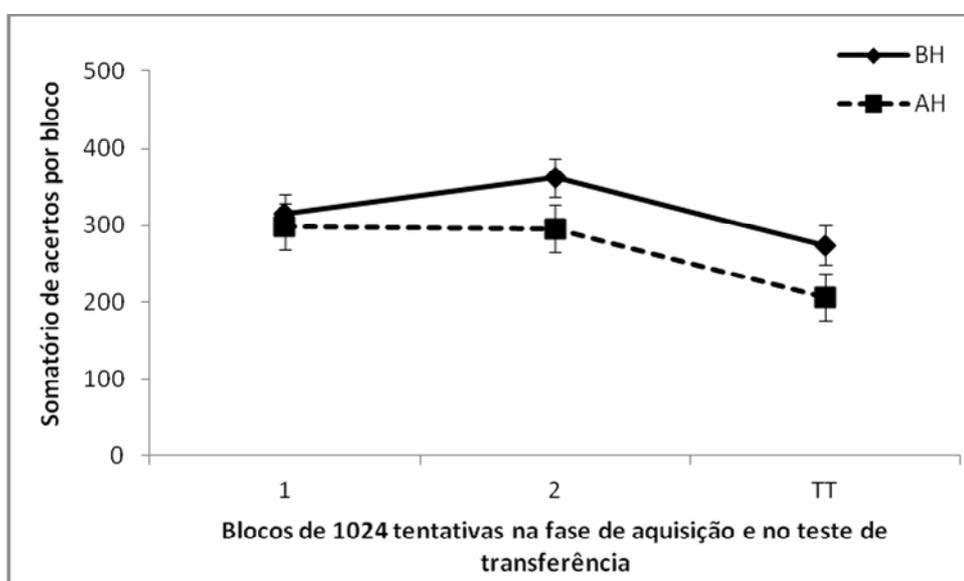


GRÁFICO 9: Média do Somatório de Acertos dos grupos BH e AH na fase de aquisição e teste de transferência.

Desvio Padrão do Tempo de Movimento:

Foi conduzida uma análise intra-grupo para cada um dos grupos na fase de aquisição por meio do teste t de Student para amostras dependentes. A análise não apontou diferença significativa para os grupos BH [$t(df=10)=1,49$, $p=0,166$] e AH [$t(df=10)=0,94$, $p=0,369$]. Foi conduzida uma análise entre os grupos por meio do teste t de Student para amostras independentes, no segundo bloco da fase de aquisição. A análise não apontou diferença significativa entre os grupos [$t(df=20)=-0,63$, $p=0,537$]. No teste de transferência, o teste t de Student para amostras independentes não foi revelado diferença significativa entre os grupos [$t(df=20)=-1,71$, $p=0,103$] (Gráfico 10).

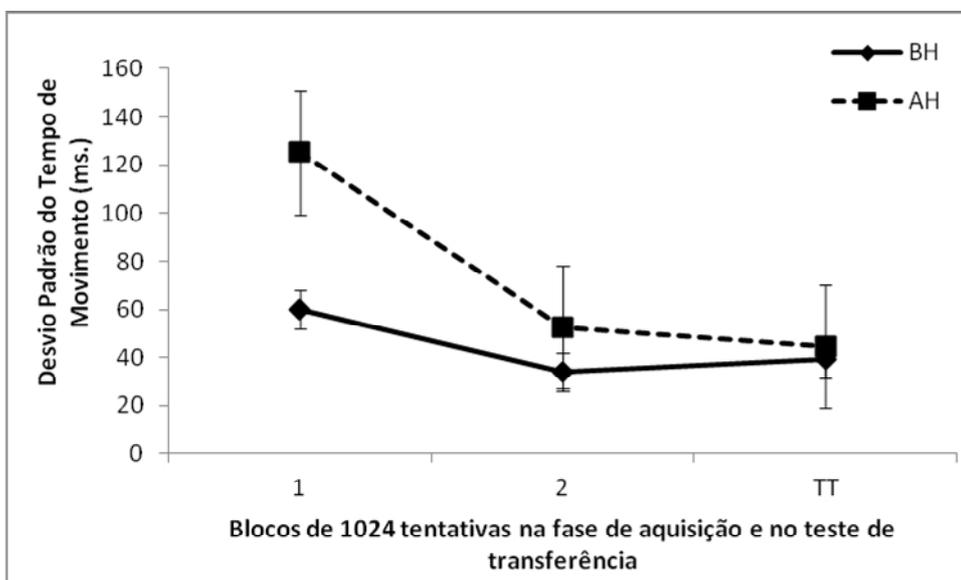


GRÁFICO 10: Desvio padrão do Tempo de Movimento para os grupos BH e AH.

Hurst:

Na fase de aquisição, a análise não apontou diferença significativa para os grupos BH [$t(df=10)=0,79$, $p=0,447$], AH [$t(df=10)=0,61$, $p=0,552$]. No teste de transferência, não foi revelado diferença significativa entre os grupos [$t(df=20)=-1,11$, $p=0,28$] (Gráfico 7).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar os efeitos da magnitude e da estrutura de variabilidade na aquisição de uma habilidade motora. Dois grupos foram formados conforme o desvio padrão do tempo de movimento no último bloco de tentativas da fase de aquisição, que caracterizou a magnitude da variabilidade. Dois outros grupos também foram formados a partir do expoente de Hurst da medida tempo de movimento no último bloco de tentativas da fase de aquisição, que caracterizou a estrutura de variabilidade do tempo de movimento.

Ao analisar o quanto o desempenho variou, os resultados mostraram que a alta magnitude de variabilidade de desempenho foi prejudicial no comportamento motor. Ao analisar como a variabilidade de desempenho ocorreu, não foi observada diferença entre valores de estrutura mais altos e mais baixos, pois ambos estavam próximos de um padrão de variabilidade estruturada.

A primeira hipótese desse estudo foi que o grupo de menor magnitude de variabilidade (BV) apresentaria melhor desempenho no teste de transferência. Tradicionalmente, a variabilidade de desempenho pode ser vista como um comportamento ruim ao realizar ações motoras, que deveria ser eliminado ou reduzido para que uma habilidade motora fosse aprendida (NEWELL, CORCOS, 1993).

Estudos analisaram o comportamento da magnitude da variabilidade a partir de mudanças na exigência de uma tarefa motora de força (SLIFKIN; NEWELL, 1998; SLIFKIN; NEWELL, 1999; SLIFKIN; NEWELL, 2000). Ao passo que a meta da tarefa se aproximava da força máxima, a variabilidade medida pelo desvio padrão também aumentava, caracterizando uma maior magnitude da variabilidade. No presente estudo, quando a tarefa se tornou mais difícil, o grupo de maior magnitude de variabilidade (AV) apresentou pior desempenho no teste de transferência na medida de tempo de movimento. Embora a tarefa

utilizada neste estudo tenha sido de apontamento e não de força como comparado, ambas as tarefas são de natureza contínua. O comportamento da variabilidade enquanto fenômeno em tarefas contínuas é mais sensível de ser verificado, pois a quantidade de informação capturada permite uma análise do fenômeno via a sua estrutura.

A tarefa utilizada neste estudo (FITTS, 1954) foi escolhida por permitir analisar a estrutura de variabilidade, o que requer possuir pelo menos 1024 pontos em uma série ou tentativa (TORRE; BALASUBRAMANIAM; RHEAUME; LEMOINE; ZELAZNIK, 2011). O fato de o grupo BV ter apresentado menor número de acertos pode estar relacionado às características da própria tarefa. Embora o grupo BV tenha pior desempenho para a medida de número de acertos, o mesmo grupo apresentou menor tempo de movimento que o grupo AV, o que corrobora a questão levantada pela lei de Fitts (1954), sobre a relação velocidade versus precisão. Quando os voluntários realizavam o movimento mais rápido, a precisão ao alvo ficou comprometida.

Entretanto, ao considerar que a medida de variabilidade utilizada como critério de divisão dos grupos (desvio padrão do tempo de movimento) está mais relacionada à medida de desempenho tempo de movimento do que somatório de acerto ao alvo, o efeito desta variabilidade teria maior influência sobre o tempo de movimento do que sobre o acerto ao alvo. Em outras palavras, ser mais variável no tempo de movimento traz prejuízo ao desempenho em tempo de movimento. Talvez, se houvesse uma medida de variabilidade da precisão de acerto ao alvo mostrasse melhor desempenho do grupo de baixa variabilidade quanto ao acerto ao alvo. Assim sendo, interpreta-se o tempo de movimento como a principal medida neste caso e, por isso, considera-se a primeira hipótese confirmada, em que maior magnitude de variabilidade leva a um pior desempenho nos teste de transferência.

A variabilidade de desempenho no início do processo de aprendizagem é um resultado de inconsistência (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011), porém, após um período de prática a variabilidade pode se caracterizar como um fenômeno funcional, que não é considerado um ruído que deve ser eliminado. Os achados de Benda (2001) e Benda *et al.* (2000), em que os grupos com alta

magnitude de variabilidade após longo período de prática apresentaram comportamentos superiores ou semelhantes aos grupos de baixa magnitude de variabilidade permitiram concluir que a variabilidade (maior magnitude) não caracteriza inconsistência no comportamento. Uma das formas de verificar o aspecto funcional da variabilidade, enquanto fenômeno é não considerá-la como um aspecto que deve ser eliminado ou reduzido do comportamento, mas também analisar a variabilidade via sua estrutura (NEWELL, SLIFKIN, 1998). Esse tipo de análise foi realizado no presente estudo e serviu de base para a segunda hipótese do presente estudo.

A segunda hipótese foi que o grupo de maior estrutura de variabilidade apresentaria melhor desempenho no teste de transferência. Para testar essa hipótese, os dois grupos de estrutura de variabilidade tiveram seus comportamentos analisados nas medidas de tempo de movimento, número de acertos e na variabilidade (desvio padrão). A divisão dos grupos em Alto Hurst e Baixo Hurst (maior e menor estrutura de variabilidade respectivamente) apresentou diferença estatística, caracterizando dois grupos distintos de estrutura de variabilidade. Embora grupos distintos de estrutura de variabilidade tenham sido formados, não se verificou diferença entre eles no teste de transferência nas medidas analisadas.

A estrutura da variabilidade é caracterizada por uma dependência do comportamento momento a momento, ou tentativa a tentativa (SLIFKIN; NEWELL, 1998). Isto é, mesmo que o comportamento em uma série temporal seja variável, apresente flutuações após um período de prática, ele apresenta ordem no sistema motor (RILEY; TURVEY, 2002). Os resultados encontrados mostraram que tanto o grupo AH quanto o BH apresentaram variabilidade estruturada.

Estudos afirmam que quando comparada pela sua magnitude (desvio padrão) e sua estrutura, a magnitude da variabilidade aumenta em valores à medida que a meta da tarefa também aumenta (SLIFKIN; NEWELL, 1998; SLIFKIN; NEWELL, 1999). Mas, ao contrário, a estrutura da variabilidade apresenta um comportamento de U-invertido, ou seja, quando a meta da tarefa se tornava mais alta, as flutuações do comportamento se ajustavam à nova imposição da

tarefa. Esse comportamento da estrutura da variabilidade expõe como a variabilidade se comporta, ao contrário da sua magnitude que expõe somente o quanto variável foi o comportamento.

No presente estudo, é possível identificar que mesmo apresentando comportamentos semelhantes, os grupos BH e AH, que apresentam estruturas de variabilidade distintas no momento de separação dos grupos (último bloco da fase de aquisição), apresentaram também altos valores de Hurst. Assim, os grupos apresentaram valores altos; o grupo BH apresentou valor médio de 0,9 e o grupo AH apresentou valor médio de 1,0 no expoente de Hurst ao longo de todo o comportamento. Esses valores estão de acordo com valores encontrados na literatura para comportamentos organizados. Wijnants *et al.* (2009) observaram que ao longo de uma prática extensiva ocorreu mudança de estrutura de variabilidade, atingindo o mesmo valor que o grupo BH deste estudo. No estudo de Torre *et al.* (2011) também é possível observar este valor (0,9) no expoente de Hurst, mas, como o objetivo do trabalho era identificar se a estrutura de variabilidade possui um comportamento específico para uma tarefa, ou se há uma mesma estrutura para tarefas distintas, o resultado da análise também apresentou um valores mais baixos ($H=0,8$), afirmando então, que há uma estrutura diferente para cada tarefa, embora todas as tarefas utilizadas no estudo sejam de natureza contínua. O grupo AH apresentou um valor médio e 1,0 no expoente de Hurst. Esse valor é similar à estrutura de variabilidade encontrada em alguns estudos (GILDEN, 2001; VAN ORDEN; HOLDEN; TURVEY, 2003; VAN ORDEN; HOLDEN; TURVEY, 2005; VAN ORDEN, KLOOS, WALLLOT, 2009).

A estrutura de variabilidade tem como característica principal transitar em estados de ordem (GILDEN, 2001). Quando as flutuações presentes em um comportamento apresentam ordem, essas flutuações mostram que ao contrário de um comportamento rígido, elas são uma variabilidade estruturada com um comportamento flexível ao longo da prática (VAN ORDEN; KLOOS; WALLLOT, 2009; WIJNANTS *et al.*, 2009) e em situações críticas quando é exigido um novo comportamento. Embora, no teste de transferência os grupos não tenham apresentado diferença significativa, é possível ver a formação de duas

estruturas de variabilidade distintas, com comportamento similar. Uma razão para esse resultado é que ambos os grupos (AH e BH) apresentaram valores altos (AH: $H=1,0$ e BH: $H=0,9$). Desta forma, a estrutura da variabilidade apresenta um comportamento de como essas flutuações podem mostrar-se ordenadas e como variam, ao contrário da magnitude da variabilidade que apenas mede o quanto um comportamento foi variável.

A terceira hipótese do estudo foi que os resultados do teste de transferência seriam diferentes conforme o critério de divisão dos grupos, isto é, magnitude e estrutura de variabilidade teriam efeitos distintos no desempenho apresentado no teste de transferência. Os resultados confirmam essa hipótese. A informação sobre diferentes variabilidades está de acordo com alguns estudos (SLIFKIN; NEWELL, 1998; HARBOURNE; STERGIOU 2009). Tais autores afirmam que a variabilidade medida pelo desvio padrão somente fornece informação sobre a sua magnitude, ou seja, sobre o quanto um comportamento foi variável, mesmo que não se encontre na literatura um limiar definido sobre valores mais ou menos variáveis (NEWELL; SLIFKIN, 1998). Quando a variabilidade é medida pela sua estrutura, fornece informação sobre como o comportamento observado apresenta relação com o seu comportamento futuro, ou seja, a estrutura de variabilidade é diferente da sua magnitude (NEWELL; SLIFKIN, 1998).

A variabilidade quando medida pela sua estrutura não apresentou diferença estatística no teste de transferência nas medidas de desempenho e de variabilidade nos grupos de AH e BH. Embora os grupos apresentem estrutura de variabilidade diferentes, caracterizando grupos distintos, o comportamento observado na fase de aquisição e no teste de transferência nas demais medidas de desempenho foi semelhante, pois ambos os grupos apresentaram um valor de Hurst alto.

Quando medida pela sua magnitude houve diferença significativa entre os grupos no teste de transferência. O grupo BV apresentou melhor desempenho que o grupo AV, na medida de tempo de movimento e o grupo AV apresentou melhor desempenho na medida somatório de acertos por blocos de tentativas. Estes resultados confirmam a terceira hipótese.

7 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que:

- A magnitude de variabilidade mais alta é prejudicial no comportamento motor.
- A estrutura de variabilidade (Hurst) mais alta, próxima de $H=1$, não interfere negativamente no comportamento motor.
- Magnitude e estrutura de variabilidade são medidas que influenciam o desempenho de forma distinta.

REFERÊNCIAS

ADAMS, J. A. A closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 3, p. 111-149, 1971.

AMOUD, H.; ABADI, M.; HEWSON, D.; MICHEL-PELLEGRINO, V.; DOUSSOT, M.; DUCHÊNE, J. Fractal time series analysis of postural stability in elderly and control subjects. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 4, p.12-24, 2007.

BARTLETT, F.C. **Remembering**. Cambridge: Cambridge University Press, 1932.

BENDA, R. N. **Variabilidade de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. 2001. 314f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BENDA, R. N.; CORRÊA, U.C.; LUSTOSA DE OLIVEIRA, D.; TANI, G. Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de controle de força. **Percepção e acção**. v. 3, p. 166-182, 2000.

BENDA, R. N.; COELHO, R. R.; FONSECA, F. S.; ANDRADE, A. A.; LAGE, G. M.; MENZEL, H. J. K.; UGRINOWITSCH, H. Análise da correlação entre a variabilidade de resultado e variabilidade cinemática na aquisição do arremesso de dardo de salão: um estudo piloto. **Revista Mineira de Educação Física**. Edição Especial, p. 181-188, 2005.

BENDA, R. N.; TANI, G.; Variabilidade e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras. In: G. Tani. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 129-140, 2005.

BERNSTEIN, N. **The co-ordination and regulation of movements**. Oxford, Pergamon Press.

CHOW, J. Y.; DAVIDS, K.; BUTTON, C.; REIN, R.; HRISTOVSKI, R.; KOH, M. Dynamics of multi-articular coordination in neurobiological systems. **Nonlinear Dynamics Psychological Life Science**, v. 13, n. 1, p. 27-55, 2009.

DAVIDS, K.; BUTTON, C.; BENNETT, S. Traditional Theories of Skill Acquisition. In: DAVIDS, K.; BUTTON, C.; BENNETT, S. (Ed.). **Dynamics of Skill Acquisition: A constraints-led approach**. Champaign: Human Kinetics, p. 3-27, 2008.

FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of Experimental Psychology**, v. 47, p. 381-391, 1954.

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. **Human Performance**. Belmont, Brooks/Cole, 1967.

FONSECA, F. S.; BENDA, R. N.; PROFETA, V. L. S.; UGRINOWITSCH, H. Extensive practice improves adaptation to unpredictable perturbations in a sequential coincident timing task. **Neuroscience Letters**, v. 517, p. 123-127, 2012.

GILDEN, D. L.; Cognitive Emissions of 1/f Noise. **Psychological Review**, v. 108, n. 1, p. 33-56, 2001.

HARBOURNE, R. T.; STERGIOU, N. Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice, **Physical Therapy**, v. 3, p. 267-282, 2009.

JAMES, C. R. Considerations of Movement Variability in Biomechanics Research. In: STERGIOU, N. (Ed.). **Innovative Analyses of Human Movement: Analytical Tools for Human Movement Research**. Champaign: Human Kinetics. p. 29-62, 2004.

KELSO, J. A. S.; DING, M. Fluctuations, Intermittency, and controllable chaos in biological coordination. In: NEWELL, K.; CORCOS, D. (Ed.). **Variability and Motor Control**. Champaign: Human Kinetics, p. 291-316, 1993.

MEIRA Jr, C.M; TANI, G; MANOEL, E. J. A estrutura da pratica variada em situacoes reais de ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 9, p. 55-63, 2001.

NEWELL, K. M.; CORCOS, D. M. Issues in variability and motor control. In: NEWELL, K.; CORCOS, D. (Ed.). **Variability and Motor Control**. Champaign: Human Kinetics, p.1-12, 1993.

NEWELL, K. M.; DEUTSCH, K. M.; SOSNOFF, J. J.; MAYER-KRESS, G. Variability in motor output as noise: a default and erroneous proposition? In: DAVIDS, K.; BENNET, S.; NEWELL, K. (Ed.). **Movement system variability**. Champaign: Human Kinetics. p. 3-23, 2006.

NEWELL, K.M; SLIFKIN, A.B. The nature of movement variability. **Motor behavior and human skill: a multidisciplinary approach**. In: PIEK, J. (Ed.). Champaign: Human Kinetics, p. 143-160, 1998.

PINCUS, S. M. Approximate entropy as a measure of system complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 88, p. 2297-2301, 1991.

RILEY, M. A.; TURVEY, M. Variability and determinism in motor behavior. **Journal of Motor Behavior**, v. 34, p. 99-125, 2002.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, 82, p.225-260, 1975.

SCHMIDT, R. A.; ZELAZNIK, H.; HAWKINS, B.; FRANK, J. S.; QUINN, J. T. JR. Motor-Output Variability: A Theory for the Accuracy of Rapid Motor Acts. **Psychological Review**, v. 86, p. 415-551, 1979.

SLIFKIN, A.B., VAILLANCOURT, D. E. NEWELL, K.M. Intermittency in the control of continuous force production. **Journal of Neurophysiology**, v. 84, p. 1708–1718, 2000.

SLIFKIN, A.B.; NEWELL, K.M. Is variability in human performance a reflection of system noise? **Current Directions in Psychological Science**, v. 7, p. 170-176, 1999.

SLIFKIN, A.B.; NEWELL, K. M. Noise, information transmission, and force variability. **Journal of experimental Psychology: Human Perception and Performance**. v. 25, p. 837-851, 1999.

SPENCER, R. M.; ZELAZNIK, H. N. Weber (Slope) Analyses of Timing Variability in Tapping and Drawing Tasks, **Journal of Motor Behavior**, v. 35, n. 4, p. 371-381, 2003.

STERGIOU, N.; BUZZI, U. H.; KURZ, M. J.; HEIDEL, J. Nonlinear Tools in Human Movement. In: STERGIOU, N. (Ed.). **Innovative Analyses of Human Movement: Analytical Tools for Human Movement Reserch**. Champaing: Human Kinetics. p. 29-62, 2004.

STERGIOU, N.; DECKER, L. M.; Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection?, **Human Movement Science**, v. 30, p. 869-888, 2011.

TANI, G. Variabilidade e Programação Motora. In: AMADIO, A. C.; BARBANTI, V. J. (Ed.). **A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares**. São Paulo: Estação Liberdade. p. 245-260, 2000.

TANI, G. Processo adaptativo: uma concepção de aprendizagem motora além da estabilização. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 60-67, 2005.

TORRE, K.; BALASUBRAMANIAM, R. Disentangling Stability, Variability and Adaptability in Human Performance: Focus on the Interplay Between Local Variance and Serial Correlation. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 37, p. 539-550, 2011.

TORRE, K.; BALASUBRAMANIAM, R.; RHEAUME, N.; LEMOINE, L; ZELAZNIK, H. N. Long-range correlation properties in motor timing are individual and task specific. **Psychonomic Bulletin and Review**, v. 18, p. 339-346, 2011.

TURVEY, M.; FITCH, H. L.; TULLER, B. The Bernstein Perspective: The Problems of degrees of freedom and context-conditioned variability. **Human Motor Behavior: an introduction**. In: KELSO, A. J. (Ed.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum, p. 239-252, 1982.

UGRINOWITCSH, H.; SANTOS-NAVES, S. P.; CARBINATTO, M. V.; BENDA, R. N.; TANI, G. Motor Skill Adaptation depends on the Level of Learning. **International Journal of Human and Social Sciences**, v. 6, p. 177-181, 2011.

VAN ORDEN, G. C.; HOLDEN, J. G.; TURVEY, M. T. Self-organization of cognitive performance. **Journal of Experimental Psychology: General**, v.132, p. 331–350, 2003.

VAN ORDEN, G. C.; HOLDEN, J. G.; TURVEY, M. T. Human Cognition and 1/f Scaling, **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 134, n. 1, p. 117-123, 2005.

VAN ORDEN, G. C.; KLOOS, H. WALLOT, S. Living in the pink: intentionality, wellbeing, and complexity, In: GABBAY, M. D.; THAGARD, P.; WOODS, J. (Ed.). **Handbook of Philosophy of Science: Philosophy of complex Systems** Oxford: Elsevier, p. 629-672, 2011.

VAILLANCOURT, D. E.; NEWELL, K. M. Aging and the time and the frequency structure of force output variability. **Journal of Applied Physiology**, v. 94, p. 903-912, 2003.

WIJNANTS, M. L.; BOSMAN, A. M. T.; HASSELMAN, F.; COX, R. F. A.; VAN ORDEN, G. 1/f scaling in movement time changes with practice in precision aiming. **Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences**, v. 13, p. 75–94, 2009.

WOODWORTH, R. S..The accuracy of voluntary movement. **Psychological Review**, v. 3, n. 3, p. 1-119, 1899.

ANEXO A

Pesquisa: “EFEITOS DA MAGNITUDE E ESTRUTURA DE VARIABILIDADE DE DESEMPENHO NA AQUISIÇÃO DE UMA HABILIDADE MOTORA”

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Você está sendo convidado a participar de um estudo realizado pelo Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a coordenação do Prof. Dr. RODOLFO NOVELLINO BENDA e pela aluna LÍVIA GONÇALVES GALLO. O objetivo deste estudo é investigar o efeito da magnitude e estrutura de variabilidade na aquisição de uma habilidade motora de apontamento. Nós, seres humanos não conseguimos repetir dois movimentos completamente idênticos. Então vamos comparar o comportamento entre as pessoas que apresentam maior variação com aquelas que apresentam menor variação.

Este é um estudo de aprendizagem motora que consistirá da prática de uma tarefa em que você realizará traços com uma caneta-sensor diretamente em uma mesa digitalizadora, com visualização direta em uma mesa digitalizadora. O tipo de tarefa realizado não oferece riscos aos participantes além daqueles presentes em atividades cotidianas, pois os movimentos realizados são semelhantes a movimentos de escrita e de apontamento do dia-a-dia e a velocidade de execução é submáxima.

A coleta de dados será realizada em local apropriado e você será sempre acompanhado por um dos responsáveis pela pesquisa.

Todos os dados coletados serão mantidos em sigilo e a sua identidade não será revelada publicamente em nenhuma hipótese. Somente os pesquisadores responsáveis e equipe envolvida neste estudo terão acesso a estas informações que serão apenas para fins de pesquisa.

Como participante voluntário, você tem todo direito de recusar sua participação ou retirar seu consentimento em qualquer momento da pesquisa sem penalidade alguma e sem prejuízo à sua pessoa.

Você não terá qualquer forma de remuneração financeira nem despesas relacionadas ao estudo e apenas estará exposto a riscos inerentes a uma atividade do seu cotidiano.

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com o professor Dr. Rodolfo Novellino Benda, pelo telefone (0xx31) 3409-2394, ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG) situado à Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar – sala 2005 – CEP: 31270-901, Belo Horizonte/MG, pelo telefone (0xx31) 3409-4592 ou pelo fax (0xx31) 3409-4516 – e-mail: rodolfobenda@yahoo.com.br

Belo Horizonte, de de 2013.

Assinatura do Responsável

Assinatura do Voluntário

ANEXO B



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 0182.0.203.000-11

Interessado(a): Prof. Rodolfo Novellino Benda
Departamento de Educação Física
EEFFTO - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 28 de junho de 2011, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado "**Variabilidade e flexibilidade do sistema no processo adaptativo na aquisição de habilidades gráficas**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. T. Marques Amaral', is written over a faint circular stamp.

Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG