

Crislaine Rangel Couto

**EFEITOS DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO
DESEMPENHO NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES
IMPREVISÍVEIS INSERIDAS APÓS O INÍCIO DO
MOVIMENTO**

Belo Horizonte
2012

Crislaine Rangel Couto

**EFEITOS DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO
DESEMPENHO NA ADAPTAÇÃO A PERTURBAÇÕES
IMPREVISÍVEIS INSERIDAS APÓS O INÍCIO DO
MOVIMENTO**

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: Comportamento Motor

Orientador: Dr. Herbert Ugrinowitsch

Belo Horizonte
2012



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte



Dissertação intitulada “Efeitos do nível de estabilização do desempenho na adaptação a perturbações inseridas após início do movimento”, de autoria da mestranda **Crislaine Rangel Couto**, defendida em 04 de dezembro de 2012, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch
Departamento de Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Go Tani
Departamento de Pedagogia do Movimento do Corpo Humano
Escola de Educação Física e Esportes
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Rodolfo Novelino Benda
Departamento de Educação Física
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 04 de dezembro de 2012.

AGRADECIMENTOS

O processo de construção desta dissertação foi sem dúvida um desafio marcado por momentos de aprendizagem, de exposição a várias perturbações, adaptações, perturbações, adaptações... Agradeço imensamente a Deus pela oportunidade de evolução, de aquisição de conhecimento, por TODOS os momentos vividos ao longo destes últimos três anos e principalmente pelas pessoas que colocou em meu caminho. Infelizmente apesar de tantos ensaios sei que corro um grande risco de não conseguir exprimir “um muito obrigada” da forma merecida. Desta forma, dedico algumas palavras de agradecimento àqueles que fizeram parte desta travessia, ou ainda que mesmo que não tenham participado diretamente me fizeram feliz em algum momento simplesmente por fazerem parte da minha vida.

Àqueles que sempre foram minha motivação, meu exemplo: mãe e pai, não tenho palavras, nem beijos, nem abraços suficientes para lhes agradecer. Vocês sempre foram meus maiores modelos, minha maior experiência dentro do processo de aprendizagem se deve a vocês que me ensinaram a ter caráter, ser honesta e sonhadora. Pai, me inspiro em sua humildade. Mãe, me inspiro em suas lutas, nunca convivi com uma pessoa tão ou mais guerreira que a senhora. Desculpem-me pela ausência neste período. Tentando ser justa com vocês em meus agradecimentos lhes dedico esta vitória.

À vovó Esmeralda, pelo exemplo de persistência e determinação. Ao vovô Broca por acreditar na minha competência e me incentivar na busca pelos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Iti e Marco Antônio, obrigada pelo carinho saber que vocês existem me fortalece sempre!

Ao Paulo, meu marido, meu amor, meu companheiro. Obrigada por me permitir sonhar e demonstrar que estará sempre ao meu lado onde quer que eu vá. Obrigada também por me ouvir falar tanto desta dissertação, acho que você sabe muito mais de comportamento motor do que eu sabia no início do processo.

Ao Herbert, meu orientador, quero dizer, orientador não, isso é muito pouco perto do que foi pra mim. Ao meu pai acadêmico, que além de me orientar neste trabalho, de me ensinar a ler um artigo, a manter a calma (aprendi um pouco, rsrs), enxergar o que é ciência, o que é Comportamento Motor, me ensinou lições de vida. Parou suas atividades por vários e vários momentos pra me ouvir e me aconselhar mesmo que não tivesse nada a ver com mestrado. Você me ensinou muito Herbert, obrigada por ter me exigido apenas bom caráter e trabalho quando cheguei com a Nádia pela primeira vez no laboratório. Obrigada também Nádia por ter me levado pro GEDAM!

Agradeço ao Rodolfo, por ter me recebido tão bem no GEDAM, mesmo no início quando ainda me sentia um “peixe fora d’água” já me fez sentir membro do grupo. Obrigada por estar sempre disposto a me ajudar nos meus questionamentos, e por me questionar, por se preocupar com minha evolução como pesquisadora e pelos conselhos, é um orgulho tê-lo em minha banca (ainda bem que deu tempo de você voltar do pós-doutorado antes da minha defesa). Obrigada também por ser exemplo como cientista, professor e principalmente como ser humano.

Agradeço ao Léo Portes, que se comprometeu com a construção do meu programa, por estar sempre disposto a me ajudar, pelo incentivo e conselhos. Nem tenho palavras pra expressar o quanto sinto que lhe devo.

Ao restante da minha família GEDAM, às minhas amigas-irmãs Livinha, Marluce e Suzi, à minha amiga-mãe Silvana, às minhas queridas irmãs acadêmicas Aline, Maria Flávia, Thábata e Carol. Meninas, obrigada por tantas vezes terem feito com que meus problemas se tornassem “mais leves”, por me permitir dividi-los com vocês. Aos meus irmãos acadêmicos, Carlinhos, Vítor e Fabiano, obrigada pelas conversas enriquecedoras, pelos questionamentos, conselhos e principalmente pelos ensinamentos. Ao meu outro irmão acadêmico Cláudio, assim como ao meu primo acadêmico Guilherme Lage, os agradeço pelos exemplos de comprometimento com a ciência, conhecimento acadêmico e humildade, me espelho muito em vocês. Marcelão, Andreção e Guilherme van Keulen, muito obrigada pelas contribuições e questionamentos! Em especial agradeço à Fernanda que me ajudou

a dar os primeiros passos quando cheguei ao laboratório. Agradeço também aos mais novos integrantes do GEDAM Felipe Raso e Cíntia, assim como meus irmãos acadêmicos caçulas Madson e Carol, que se dispuseram a me ajudar a acabar o mestrado. Foram “meu braço direito” na coleta e organização dos dados. Muito obrigada, sem vocês eu não conseguiria cumprir minha meta de tempo.

Agradeço também ao professor Go Tani por ter aceito o convite pra participar da minha banca e pelas contribuições feitas durante a construção desse trabalho.

Um muito obrigada aos meus voluntários, sem vocês a ciência não evolui.

Agradeço também ao Luciano e Alexandre, meus “*teachers*” de inglês, pelos ensinamentos e paciência.

Agradeço ao meu amigo Marcelo Milagres que enquanto coordenador ou dono da academia que eu trabalhava, sempre entendeu minhas ausências, e chegadas atrasadas ao trabalho em virtude do mestrado. Marcelo, se não fosse assim seria impossível trabalhar e estudar, como foi enquanto não tinha bolsa.

Agradeço a Capes pela bolsa que me permitiu sair do trabalho e dedicar algum tempo somente ao mestrado, foi um período muito produtivo.

À Ale Coca, pela oportunidade de experiência profissional e pelo carinho.

Ao Rafael Sonsin e ao Adriano; meus amigos, se não fossem vocês dois naquele momento difícil de estudar pra prova, junto ao tumulto pessoal que minha vida se encontrava, naquele ano eu teria desistido de tentar. Vocês foram anjos que Deus colocou no meu caminho quando eu não conseguia andar sozinha. Foi muito bom estudar com vocês desde a graduação em Itaúna até o mestrado, entrar junto com vocês foi um presente pra mim. Amo demais vocês dois!

Aos meus amigos da graduação que sempre torceram por mim, Danuza (em especial, por estar comigo em tantos momentos e ser tão leal), João Gustavo, Derik,

Thiago, Gilmar, Andreza e Marques. Obrigada pela torcida, pela confiança e me desculpem pela ausência.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

Isaac Newton

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o efeito da manipulação de dois níveis de estabilização do desempenho na adaptação a perturbações imprevisíveis em uma tarefa de interceptação. Participaram do estudo quarenta voluntários ($n=40$), destros, universitários, sem experiência na tarefa eles foram divididos em dois grupos em relação ao nível de estabilização do desempenho: GE (grupo estabilização) e GS (grupo superestabilização). Os instrumentos utilizados foram um computador, uma mesa digitalizadora e uma caneta digital. A tarefa consistiu em interceptar um alvo virtual movendo a caneta através de um movimento rápido ao longo de um espaço determinado na mesa digitalizadora. O experimento foi composto por duas fases: pré-exposição e exposição. Na pré-exposição foram manipulados os níveis de estabilização do desempenho e o número de tentativas realizadas por cada grupo se referia ao necessário para alcançar o critério de desempenho (GE - três interceptações corretas e GS - seis blocos de três interceptações corretas). Na exposição foram inseridas as perturbações (P) relacionadas à mudanças na velocidade (PI – aumento e PII - redução) de deslocamento do alvo após o sujeito ter iniciado o movimento. As medidas utilizadas foram: erro absoluto espacial (cm), erro constante espacial (cm), número de tentativas realizadas por cada grupo na pré-exposição, tempo para o pico de velocidade (ms) e número de correções dos movimentos. Para análise dos dados foram utilizados os testes estatísticos t-Student e ANOVA *two-way*, quando necessário era utilizado o *post hoc* de Tukey ($CV < 30\%$) e Duncan ($CV > 30\%$). A análise da pré-exposição indicou que o desempenho dos grupos melhorou ao longo da fase, que a estratégia de controle utilizada foi predominantemente pré-programação e que o GS realizou mais tentativas do que o GE. Em relação à exposição as análises detectaram que o GS se adaptou ao segundo bloco da PI, segundo e terceiro da PII, entretanto o GE não se adaptou a qualquer bloco de qualquer perturbação. O mecanismo de controle predominantemente utilizado pelo GS para se adaptar às perturbações foi o *feedback*. Os resultados permitem concluir que o nível de estabilização do desempenho influencia na adaptação, sendo assim

pode se afirmar que a aprendizagem não constitui um processo finito e que mesmo após a estabilização do desempenho é possível continuar aprendendo.

Palavras-chave: nível de estabilização do desempenho, perturbações, pré-programação, feedback.

ABSTRACT

The aim of the present study was to compare the effect of two levels of handling performance stabilization on adaptation to unpredictable perturbations in an interception task. The study included forty volunteers ($n = 40$), right-handed college students without experience in the task, divided into two groups as a function of the level of stabilization of performance: GE (stabilization group) and GS (superstabilization group). The instruments used were a computer, a tablet and a digital pen. The task consisted of intercepting a virtual target with a fast movement along a specific space on the tablet. The experiment consisted of two phases: pre-exposure and exposure. On pre-exposure two levels of stabilization of the performance were manipulated: stabilization (GE), which should perform three interceptions in a row and superstabilization (GS), which should perform six blocks of three interceptions in a row. On exposure phase the perturbations related to changes in speed (PI - PII and increase - decrease) displacement of the target after the subject has started the movement were inserted. The outcome measures were: absolute spatial error (cm), spatial constant error (cm), number of trials made by each group in the pre-exposure, time to peak velocity (ms) and number of corrections in the movements. For data analysis it was run t-Student and two-way ANOVA, when necessary was used a post hoc. The analysis of the pre-exposure phase indicated that both groups improved performance throughout the phase, that the strategy of control was predominantly pre-programming and that the GS performed more trials than GE. In the exposure phase, the analysis detected that the GS has adapted into a block of PI and two blocks of PII; the GE did not adapt to any block of any

perturbation. The mechanism of control predominantly adopted by GS to adapt to the perturbation was the feedback. The results allowed concluding that the level of stabilization of the performance influences adaptation, indicating that motor learning is a continuous process.

Key words: level of stabilization of the performance, perturbations, pré-programming, feedback

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Perfil da curva de aceleração apresentada em tarefas de interceptação.....	24
FIGURA 2: Perfil da curva de velocidade apresentada em tarefas de interceptação.....	25
FIGURA 3: Tarefa virtual.....	34
FIGURA 4A: Perfil da curva de aceleração de um participante sem realização de correções.....	58
FIGURA 4B: Perfil da curva de aceleração de um participante com realização de correções.....	58
GRÁFICO 1: Média do erro espacial absoluto no primeiro e no último bloco da Pré-exposição.....	41
GRÁFICO 2: Média do erro variável espacial no primeiro e no último bloco da Pré-exposição.....	42
GRÁFICO 3: Média do tPV no primeiro e no último bloco da Pré-exposição.....	43
GRÁFICO 4: Média do tm no primeiro e no último bloco da Pré-exposição.....	44
GRÁFICO 5: Média do tPV% no primeiro e no último bloco da Pré-exposição.....	45

GRÁFICO 6: Média do número de tentativas realizado pelos grupos na Pré-exposição.....	46
GRÁFICO 7: Média do erro espacial absoluto em Pré PI1, PI1 e Pós PI1.....	48
GRÁFICO 8: Média do erro variável espacial em Pré PI1, PI1 e Pós PI1.....	49
GRÁFICO 9: Média do tPV em Pré PI1, PI1 e Pós PI1.....	50
GRÁFICO 10: Média do erro espacial absoluto em Pré PI2, PI2 e Pós PI2.....	51
GRÁFICO 11: Média do erro variável espacial em Pré PI2, PI2 e Pós PI2.....	52
GRÁFICO 12: Média do tPV em Pré PI2, PI2 e Pós PI2.....	53
GRÁFICO 13: Média do erro espacial absoluto em Pré PI3, PI3 e Pós PI3.....	54
GRÁFICO 14: Média do erro variável espacial em Pré PI3, PI3 e Pós PI3.....	55
GRÁFICO 15: Média do tPV em Pré PI3, PI3 e Pós PI3.....	56
GRÁFICO 16: Média do número de correções realizadas em PI1, PI2 e PI3.....	57
GRÁFICO 17: Média do erro espacial absoluto em Pré PII1, PII1 e Pós PII1.....	59

GRÁFICO 18: Média do erro variável espacial em Pré PII1, PII1 e Pós PII1.....	60
GRÁFICO 19: Média do tPV em Pré PII1, PII1 e Pós PII1.....	61
GRÁFICO 20: Média do erro espacial absoluto em Pré PII2, PII2 e Pós PII2.....	62
GRÁFICO 21: Média do erro variável espacial em Pré PII2, PII2 e Pós PII2.....	63
GRÁFICO 22: Média do tPV em Pré PII2, PII2 e Pós PII2.....	64
GRÁFICO 23: Média do erro espacial absoluto em Pré PII3, PII3 e Pós PII3.....	65
GRÁFICO 24: Média do erro variável espacial em Pré PII3, PII3 e Pós PII3.....	66
GRÁFICO 25: Média do tPV em Pré PII3, PII3 e Pós PII3.....	67
GRÁFICO 26: Média do número de correções realizadas em PII1, PII2 e PII3.....	68

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A: Termo de consentimento livre e esclarecido.....	89
APÊNDICE B: Piloto 1.....	90
APÊNDICE C: Piloto 2.....	93
APÊNDICE D: Piloto 3.....	95
APÊNDICE E: Piloto 4.....	98
APÊNDICE F: Piloto 5.....	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Objetivo.....	18
1.2	Justificativa.....	18
1.3	Hipóteses.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	Adaptação.....	20
2.1.1	Adaptação em tarefas de interceptação.....	22
2.2	Perturbações.....	27
2.3	Nível de estabilização do desempenho.....	29
3	MÉTODO.....	33
3.1	Amostra.....	33
3.2	Instrumentos.....	33
3.3	Tarefa.....	34
3.4	Delineamento.....	35
3.5	Procedimentos.....	37
3.6	Variáveis.....	38
3.6.1	Variáveis dependentes.....	38
3.6.2	Variáveis independentes.....	39
3.7	Análise estatística.....	39
4	Resultados.....	41
4.1	Comportamento dos grupos na Pré-exposição.....	41
4.2	Comportamento dos grupos na Exposição.....	47
4.2.1	Perturbação I.....	47
4.2.2	Perturbação II.....	59
5	Discussão.....	69
6	Conclusão.....	80
	REFERÊNCIAS.....	81
	APÊNDICES.....	89
	ANEXOS.....	105

1 INTRODUÇÃO

Uma característica notável durante a execução de ações esportivas é que diferentes atletas apresentam níveis distintos de competência para solucionar problemas motores, isso em função do seu nível de habilidade. Mais especificamente, esta diferença é observada quando existe a necessidade de modificar uma ação iniciada previamente e o tempo para isso é muito curto. Por exemplo, quando um jogador de voleibol se prepara para defender uma cortada, ele precisa iniciar um rápido movimento para interceptar a bola. Contudo, algumas vezes após ter iniciado o movimento a bola bate no bloqueio e muda de velocidade. Neste momento, o defensor precisa modificar a velocidade de execução da sua ação para poder interceptar a bola antes que ela atinja o solo. Esta capacidade de modificar uma ação iniciada é observada mais frequentemente em um jogador de nível nacional do que um de nível municipal.

Os diferentes níveis de habilidade têm sido operacionalmente definidos como nível de estabilização do desempenho (BENDA, 2001; FONSECA *et al.*, 2012; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Atingir um nível mínimo de estabilização parece ser uma pré-condição para que aconteça a adaptação (BENDA, 2001; FREUDENHEIN, 1998; TANI, 1995; UGRINOWITSCH; TANI, 2004; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). A partir da definição de diferentes níveis de estabilização, a capacidade de adaptação tem sido testada com perturbações previsíveis (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011) e também imprevisíveis (FONSECA *et al.*, 2012) em tarefas de *timing* coincidente.

Quando as perturbações previsíveis são comparadas com as imprevisíveis, as últimas normalmente são mais difíceis para o executante. Estes resultados foram observados primeiro em estudos de controle de força ao transportar objetos que tiveram seus pesos alterados de forma previsível ou imprevisível para o executante (RICHER *et al.*, 2004) e em tarefas de *timing* coincidente (LOSCHIAVO-ALVARES, 2010; NETO; TEIXEIRA, 2011). Em tarefas de interceptação a alvos móveis (MARINOVIC *et al.*, 2010), que o alvo a ser interceptado era apresentado ao voluntário de forma previsível ou imprevisível, a maior dificuldade de ter precisão

com a imprevisibilidade se manteve. Contudo, estes estudos não investigaram como acontece a adaptação em função do nível de estabilização do desempenho em tarefas de interceptação quando a mudança no objeto a ser interceptado acontece de forma imprevisível e após a ação ter iniciado.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente estudo foi investigar como indivíduos que se encontram em dois diferentes níveis de estabilização do desempenho se adaptam a perturbações perceptivas imprevisíveis inseridas após início do movimento.

1.2 Justificativa

A precisão no *timing* é reconhecida como sendo uma característica essencial em tarefas interceptativas. Vários estudos têm investigado o efeito da manipulação de diferentes variáveis da tarefa no controle dos movimentos (ex., BRENNER; SMEETS, 2007; BRENNER *et al.*, 1998, TRESILIAN; HOUSEMAN, 2005; TRESILIAN; LONERGAN, 2002; TRESILIAN; PLOOY, 2006b; TRESILIAN *et al.*, 2003; TRESILIAN *et al.*, 2004; TRESILIAN *et al.*, 2009). Uma das variáveis manipuladas tem sido a velocidade de deslocamento do alvo, porém, o foco dos estudos tem sido a investigação no controle em função das diferentes velocidades e não a relação entre o nível de estabilização e a adaptação a mudanças na velocidade do alvo após o movimento ter sido iniciado.

Marinovic *et al.*, (2010) demonstraram que os indivíduos podem usar conscientemente diferentes estratégias de controle com intuito de alcançarem maiores chances de interceptar alvos onde a demanda do local de interceptação muda de forma imprevisível. Nesta investigação, o fornecimento de pré-pistas inválidas (informação incorreta a respeito local da interceptação) resultou em

mudanças (aumento ou redução) no tempo de movimento. O fator principal por tornar estas estratégias de controle mais eficientes é a prática da habilidade (PLAMONDON, 1995).

Todavia são escassos estudos (FONSECA *et al.*, 2012; PROFETA, 2009) que investigaram como indivíduos que se encontram em diferentes níveis de estabilização do desempenho se adaptam às perturbações perceptivas imprevisíveis inseridas após o início do movimento. Além disso, não foram encontrados estudos que manipularam o nível de estabilização em tarefas de interceptação a alvos móveis na adaptação a perturbações imprevisíveis. Diante do exposto, é evidente a importância da compreensão de como acontece a adaptação motora a perturbações de característica imprevisível inseridas após início do movimento em função de diferentes níveis de estabilização do desempenho.

1.3 Hipóteses

HIPÓTESE 1 – O mecanismo de controle utilizado por ambos os grupos durante a pré-exposição será predominantemente a pré-programação.

HIPÓTESE 2 – O grupo superestabilização se adaptará melhor às perturbações do que o grupo estabilização.

HIPÓTESE 3 – O mecanismo de controle utilizado pelos grupos para se adaptarem às perturbações será predominantemente via *feedback*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura apresentada a seguir abordará os três tópicos envolvidos neste estudo: adaptação, perturbação e nível de estabilização, nesta mesma ordem.

2.1 Adaptação

Adaptação é um conceito amplo, utilizado em diferentes áreas, tais como biológicas, culturais e sociais (TANI, 2005). Parecem existir diferentes formas e mecanismos que levam à adaptação, inclusive conceitos distintos e específicos deste fenômeno são adotados por pesquisadores que se embasam em diferentes abordagens teóricas para explicarem o fenômeno. Em função desta diversidade será adotada uma definição neste trabalho, a qual será discutida a seguir.

No presente estudo a adaptação é definida como o processo pelo qual movimentos precisos são produzidos pelo sistema nervoso mesmo diante de modificações do corpo, do ambiente ou da tarefa (BERNIKER; KORDING, 2008). As experiências vivenciadas por um organismo em ambientes com modificações resultam em mudanças em sua estrutura, de forma que, com o passar do tempo ele faz melhor uso deste ambiente para o seu fim. Este processo pode ser chamado de aprendizagem (HOLLAND, 1995). A partir do exposto pode-se pensar que: 1) a adaptação só pode acontecer se o ambiente, a tarefa ou a estrutura corporal do indivíduo forem modificados, sendo estas modificações denominadas perturbações; e 2) a exposição do indivíduo a perturbações provavelmente o tornará mais competente para lidar com mudanças que podem acontecer no contexto de execução da tarefa.

No comportamento motor, a interação dinâmica com o ambiente durante a realização de habilidades motoras exige do executante competência para lidar com mudanças ambientais onde as habilidades são realizadas. Esta capacidade de

adaptar é mais explícita quando pensamos em habilidades abertas (BENDA, 2006; UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH *et al.*, 2005; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Contudo, ela tem como pré-requisito a existência de alguma estrutura de controle da habilidade (UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH, *et al.*, 2011). O sucesso na realização de uma tarefa diante de mudanças ambientais ou mesmo na própria tarefa se dá a partir de modificações dos movimentos que já foram bem aprendidos, controlados pela estrutura já formada em relação ao novo objetivo espacial (KRAKAUER, 2009; TANI, 1995). Estudos empíricos já fornecem suporte para esta proposição (FONSECA *et al.*, 2012; TANI, 1995; UGRINOWITSCH *et al.*, 2008; 2011). Esta informação nos remete à necessidade de antes aprender uma habilidade para então investigar a adaptação.

A aprendizagem motora tem sido entendida como uma mudança relativamente permanente resultante principalmente da prática (MAGILL, 2000). Esta prática é responsável pela formação de uma representação central que direciona o controle do movimento (PLAMONDON, 1995). Uma ideia que tem sido adotada em trabalhos de neurociências, em tarefas de apontamento e de interceptação é que esta representação central corresponde a estruturas denominadas modelos internos ou preditivos. Estes modelos se dividem em duas categorias gerais: modelo inverso e modelo *forward*. Antes do início da tarefa, as informações relacionadas ao ambiente e ao corpo do executante são percebidas e computadas. Em seguida, um modelo inverso é selecionado para gerar comandos motores que resultarão na realização do movimento desejado (KAWATO, 1999). No modelo inverso, o comando motor se refere ao *feedforward*. No modelo *forward*, as consequências da ação são previstas previamente e o comando motor do modelo inverso é atualizado via *feedback* interno, e modificado caso seja necessário (CIZEK, 2004). Isto implica em que o modelo *forward* é capaz de antecipar as consequências do comando motor e corrigi-lo antes mesmo que o *feedback* sensorial possa atuar, o que contribui para uma correção mais eficiente dos movimentos (DESMURGET; GRAFTON, 2000).

Em tarefas de interceptação e apontamento, como citadas anteriormente, a adaptação tem sido investigada através da análise das modificações nas medidas cinemáticas. As mudanças observadas no padrão de movimento fornecem

informações detalhadas sobre a dinâmica do membro e são utilizadas para fazer inferências sobre as mudanças em processos mentais (KHAN *et al.*, 2006). Por exemplo, alterações no tempo de movimento (TM), nas curvas de velocidade e/ou de aceleração do membro superior têm sido observadas durante a realização de tarefas de interceptação (CAMINHA *et al.*, 2010; NETO; TEIXEIRA, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2006a; TEIXEIRA *et al.*, 2006b; TRESILIAN; PLOOY, 2006a). Tais alterações mostram que um movimento pode ser modificado mesmo após o seu início.

No presente estudo, as mudanças no perfil cinemático permitem deduções sobre o que muda no controle dos movimentos para realizarem a interceptação com sucesso diante da exposição às perturbações. Especificamente, a adaptação em tarefas de interceptação, utilizada no presente estudo, será abordada a seguir.

2.1.1 Adaptação em tarefas de interceptação

A interação com objetos móveis é algo comum no cotidiano dos seres humanos, como por exemplo, enquanto se dirige um carro (MARINOVIC; WALLIS, 2011). Interceptar um objeto em movimento requer que o indivíduo seja preciso espacial e temporalmente (TRESILIAN *et al.*, 2004) para que o efetor (membro ou objeto interceptador) e o objeto a ser interceptado alcancem a mesma localização espacial coincidindo no tempo. É preciso então, além de perceber a localização do objeto durante sua trajetória, prever quando ele estará no local propício à sua interceptação (CUNNINGHAM *et al.*, 2001; TRESILIAN *et al.*, 2003) para, então, estimar corretamente o momento no qual o comando motor para a interceptação poderá ser emitido (MARINOVIC *et al.*, 2011).

Quando as demandas da tarefa e/ou as informações são modificadas durante uma tarefa de interceptação e o indivíduo é capaz de perceber tais mudanças, ocorrem modificações nas características cinemáticas do movimento (ELLIOT *et al.*, 1999) para que a interceptação aconteça de forma precisa. Neste caso, as características do início da trajetória até o pico de velocidade refletem o planejamento do

movimento (KHAN *et al.*, 2006). Já as modificações nas porções finais da trajetória após o pico de velocidade, com alterações no perfil da aceleração, são associadas a processos internos relacionados a correções (ELLIOT *et al.*, 2010). Quando o movimento é controlado predominantemente via *feedback*, o pico de velocidade acontece de maneira antecipada, na porção inicial do movimento, para que correções sejam realizadas no final, além disso, a curva de aceleração apresenta mais de um pico (ELLIOTT *et al.*, 1999). Quando o planejamento não requer correções e não são encontradas mudanças na curva de aceleração, o controle do movimento se dá via pré-programação.

Alguns autores, a partir do estudo de Woodworth (1899), passaram a explicar o controle motor utilizando o termo “via *feedforward*” para se referirem à estratégia de controle utilizada quando o movimento planejado não precisa ser corrigido. Quando o contrário acontece, ou seja, quando o planejamento prévio não é eficiente para alcançar a meta da tarefa o termo utilizado para explicar o controle é “via *feedback*”. De acordo com Desmurgt e Grafton (2000), assumir que o controle é feito via *feedforward* ou via *feedback* é no mínimo redundante quando se assume que a estrutura responsável pelo controle dos movimentos são os modelos internos. Estudos que investigam o controle em tarefas de interceptação (MARINOVIC *et al.*, 2012; TRESILIAN *et al.*, 2006a) utilizam o termo pré-programação ao invés de *feedforward*. A partir do exposto, no presente estudo serão assumidos os termos controle predominantemente via *feedback* e predominantemente via pré-programação.

Pontos de inflexão em curvas de velocidade aparecem como mínimos (vales) na curva de aceleração. Movimentos deste tipo têm sido interpretados como sendo feitos acima de dois ou mais componentes de submovimentos – submovimentos aqui são entendidos como os movimentos realizados após cada curva de aceleração em uma mesma execução. Os submovimentos perto do fim da execução representam correções do movimento iniciado. Movimentos que não apresentam qualquer mínimo no perfil da curva de aceleração (vale negativo na curva de aceleração) são denominados monofásico; um movimento bifásico apresenta um mínimo e assim sucessivamente (TRESILIAN; PLOOY, 2006a). Um exemplo de

curva com estes perfis é apresentado na FIG. 1. Neste caso, se a meta é atingida mesmo diante de perturbações significa que o planejamento prévio já contava com as mudanças que ocorreriam durante a execução e as antecipava, sendo estas antecipações suficientes para atingir a meta da tarefa. Estas formas de controle dependem diretamente da demanda imposta pela tarefa.

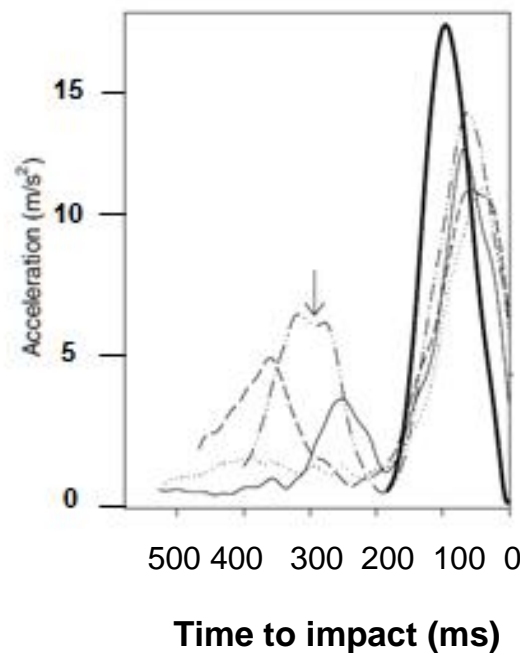


FIGURA 1: Perfil da curva de aceleração apresentado em uma tarefa de interceptação. Adaptado de Tresilian e Plooy (2006a)

As restrições na precisão temporal impostas em tarefas de interceptação são definidas pelo período de tempo ou *time window* (TW), dentro do qual o contato com o alvo pode ser feito ($TW = \text{altura do alvo} + \text{largura do efetor} / \text{velocidade do alvo}$). Modificações em parâmetros tais como tamanho do alvo e velocidade de deslocamento do alvo, podem reduzir a TW e alterar a precisão na interceptação (TRESILIAN; LONERGAN, 2002). Quando a TW na qual a interceptação pode ocorrer é menor, as pessoas tendem a realizar movimentos mais rápidos (CALJOUW *et al.*, 2004a; TRESILIAN; LONERGAN 2002; TRESILIAN *et al.*, 2003). O parâmetro mais investigado em estudos de interceptação a um alvo móvel tem

sido a mudança na velocidade de deslocamento do objeto a ser interceptado (CALJOUW *et al.*, 2004ab, 2005; SMEETS; BRENNER, 1995; TRESILIAN; HOUSEMAN, 2005; TRESILIAN; LONERGAN, 2002; TRESILIAN *et al.*, 2003; TRESILIAN *et al.*, 2004; TRESILIAN; PLOOY, 2006a; TRESILIAN; PLOOY, 2006b). Na maior parte destes estudos, a alteração na velocidade acontece antes que o indivíduo inicie seu movimento.

Estudos têm demonstrado que a interceptação a alvos móveis é preparada antes do início do movimento, sendo desencadeada por um estímulo visual presente a cerca de 150 a 200 ms antes do movimento inicial (MARINOVIC *et al.*, 2009; MARINOVIC *et al.*, 2010; TRESILIAN *et al.*, 2009). Para iniciar o movimento, a programação da ação é feita a partir da obtenção de informações referentes às características do objeto que se move (GEERT *et al.*, 2000; MARINOVIC *et al.*, 2009; TRESILIAN; PLOOY, 2006b) e o pico de velocidade é alcançado próximo ao momento da interceptação (TRESILIAN, 2005), como pode ser visto na FIG.2, indicando que a estratégia de controle utilizada predominantemente é a pré-programação.

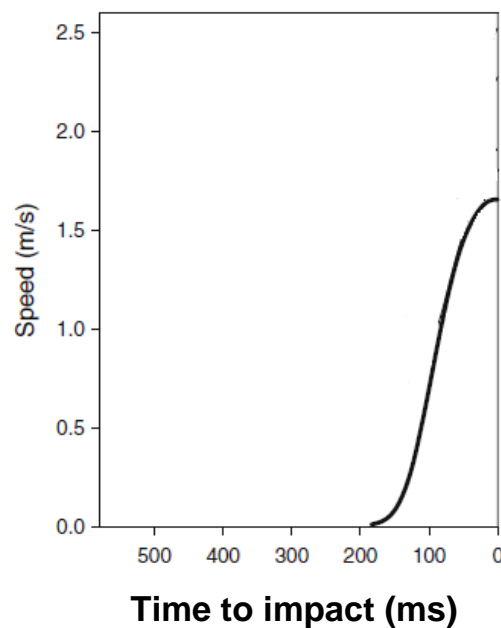


FIGURA 2: Perfil da curva de velocidade apresentado em tarefas de interceptação. Adaptado de Tresilian e Plooy (2006a)

A investigação do efeito de diferentes velocidades do alvo no desempenho demonstra que quando a velocidade aumenta antes do início do movimento, o tempo de movimento (TM) diminui e a velocidade de movimento aumenta (BRENNER; SMEETS, 1995; BRENNER; SMEETS, 1996; BRENNER *et al.*, 1998). Este comportamento pode ser interpretado como uma estratégia adaptativa adotada pelos indivíduos visando aumentar a precisão temporal requerida (BROWER, *et al.*, 2000) em resposta às mudanças nas condições da tarefa (TRESILIAN; LONERGAN, 2002).

Tresilian e Lonergan (2002) compararam a precisão temporal durante a interceptação de alvos que se deslocavam com maior e menor velocidade. Os resultados mostraram que maior precisão temporal era alcançada diante de alvos mais rápidos, do que diante de alvos que se deslocavam mais lentamente. A estratégia utilizada pelos sujeitos era esperar o alvo chegar o mais próximo da zona de interceptação para iniciar a ação, o que resultou em aumento da velocidade de movimento e consequente redução do tempo de movimento. Agir desta maneira permite que se tenha um tempo maior para visualizar o alvo e então programar o movimento (BRENNER, 1967; HAY, 1985 *apud* TRESILIAN *et al.*, 2004). Por exemplo, visualizar o alvo por cerca de 50 a 100ms a mais tem resultado em melhor desempenho de algumas ações interceptativas (ELLIOT, *et al.*, 1994). Esta estratégia é observada nos batedores profissionais de baseball, que frequentemente gastam mais tempo obtendo informações da bola e realizam o balanço do taco com menor tempo de movimento (BRENNER, 1967). Sendo assim, pode-se dizer que obter a maior quantidade de informações acerca dos parâmetros da tarefa tem sido uma estratégia usualmente empregada por indivíduos experientes durante a interceptação de um alvo móvel.

Em alguns casos, as modificações em parâmetros da tarefa como a mudança de velocidade, ocorrem após o indivíduo já ter planejado seu movimento de interceptação, ou até mesmo após já tê-lo iniciado. Nestes casos, as correções devem ser feitas *on line* e tão logo quanto possível (GEERT, *et al.*, 2000; WOODWORTH, 1899). Estas correções ocorrem graças à disponibilidade de *feedback* durante a tarefa. Tarefas de interceptação com duração superior a 150-

200ms (BRENNER, *et al.*, 1998; MARINOVIC *et al.*, 2009; TRESILIAN *et al.*, 2009) oferecem tempo suficiente para utilização do *feedback* sensorial, por outro lado, tarefas com menor duração não se beneficiam deste tipo de informação. O controle deste tempo de movimento é importante quando o alvo a ser atingido muda de velocidade após o movimento ter sido iniciado (ex. quando há uma perturbação no aspecto perceptivo da tarefa).

2.2 Perturbações

As perturbações são definidas como informações que competem com as condições atuais do organismo, que provocam ou causam mudança, tirando-o de um estado estável e interferindo no desempenho da habilidade (TANI, 2005; UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH *et al.*, 2005; ZANONE; KELSO, 1992). Este desempenho pode diminuir no primeiro instante da exposição à perturbação e, posteriormente, ser retomado com a prática (BENDA, 2001; PROFETA, 2009), quando se entende que ocorreu a adaptação. Um requisito necessário para que ocorra adaptação é a presença de perturbação (UGRINOWITSCH *et al.*, 2005). Logo, torna-se necessária sua inserção para investigar este fenômeno (IZAWA, *et al.*, 2008).

Experimentalmente, uma das formas de classificar as perturbações é em relação às mudanças envolvidas na tarefa, são elas: perceptiva, motora e perceptivo-motora (FONSECA, 2009; UGRINOWITSCH; TANI, 2005). As perturbações perceptivas são oriundas de mudanças em aspectos perceptivos da habilidade, como é o caso da mudança da velocidade de alvos a serem interceptados. As motoras caracterizam-se pela mudança predominantemente em aspectos motores da tarefa, por exemplo, mudanças no sequenciamento em tarefas de rastreamento de estímulo visual (TANI, 1995). Por fim, nas perturbações perceptivo-motoras ocorrem alterações tanto nos aspectos perceptivos como nos motores envolvidos na tarefa simultaneamente (UGRINOWITSCH, 2003) como é o caso, por exemplo, de mudanças na velocidade de um alvo e na ordem de sequenciamento das ações motoras para sua interceptação.

Ao investigar os três tipos de perturbações, Ugrinowitsch (2003) encontrou uma hierarquização na demanda imposta pelas mesmas quanto à dificuldade na adaptação. As perturbações perceptivo-motoras são mais difíceis de adaptar, quando comparadas às perceptivas e às motoras; as perturbações motoras são mais difíceis de serem superadas que as perceptivas. Outro estudo testou esta questão e encontrou resultados semelhantes (FIALHO, 2007). A partir de então, os estudos do laboratório utilizaram uma estratégia de investigar primeiro a perturbação perceptiva, a que será utilizada no presente estudo.

Outra forma de classificar a perturbação é quanto à previsibilidade ou não de sua ocorrência. Quando há informação prévia sobre quando e como ocorrerão modificações na tarefa ou no ambiente, classifica-se esta perturbação como previsível. Quando não há esta informação prévia à execução da tarefa, a perturbação é classificada como imprevisível (MARINOVIC *et al.*, 2010; RICHTER *et al.*, 2004).

Alguns estudos investigaram a relação entre adaptação e a previsibilidade da perturbação (KARNIEL; MUSSA-IVALDI, 2002; LOSCHIAVO-ALVARES, 2010; RICHTER *et al.*, 2004; RIEGER *et al.*, 2005; RUGY *et al.*, 2012; SCHEIDT *et al.*, 2001). Os resultados mostraram uma relação inversa entre previsibilidade da perturbação e ocorrência de adaptação. Ou seja, diante de contextos com perturbações imprevisíveis, a adaptação torna-se mais difícil de ocorrer, ou pode até mesmo não acontecer. Uma explicação é que quando a perturbação é imprevisível, ela impossibilita o planejamento prévio dos ajustes para superá-la (LOSCHIAVO-ALVARES, 2010). Nestes casos, os ajustes deverão ocorrer a partir do momento do surgimento da perturbação após o movimento já ter sido iniciado.

A adaptação a perturbações imprevisíveis foi testada em tarefas de interceptação com diferentes demandas. Quando envolvia bater em alvos móveis que se deslocavam em velocidades constantes, mas imprevisíveis, não foi possível ajustar o trajeto da mão para adequar à velocidade do alvo (BROUWER *et al.*, 2000). Quando a perturbação envolveu a mudança do alvo ao qual uma bola deveria ser rebatida, não foram observados ajustes quando as perturbações eram inseridas após o início

da fase preparatória ou após o início da fase de rebatida. Quando a perturbação era inserida na fase preparatória, havia um aumento na velocidade de movimento como uma estratégia para atingir a meta com sucesso (CALJOUW *et al.*, 2006). Quando a perturbação é inserida após o início do movimento, é necessário um tempo para que o comando motor iniciado seja modificado. Este tempo tem sido encontrado como sendo de no mínimo 200 ms (BRENNER *et al.*, 1998; TEIXEIRA *et al.*, 2006a). Também foi testado o efeito de pistas relacionadas à previsibilidade/imprevisibilidade do local de interceptação de um alvo. Pistas corretas (indicavam previsibilidade do local de interceptação) levaram a movimentos mais rápidos do que as pistas erradas ou ainda quando não haviam pistas (MARINOVIC *et al.*, 2010). Demorar mais tempo para iniciar o movimento diante de pistas incorretas justifica-se pelo tempo necessário para inibir uma resposta já programada, somado ao tempo para reprogramar uma nova contendo os novos parâmetros (TRESILIAN; HOUSEMAN, 2005). Estes dados confirmam que perturbações imprevisíveis requerem maior esforço e tempo para que seja possível acontecer a adaptação. Contudo, existem fatores relacionados ao executante que também influenciam na adaptação.

2.3 Nível de estabilização do desempenho

De acordo com Magill (2000), o alcance do sucesso na realização de determinada habilidade depende de dois processos: o primeiro diz respeito à aprendizagem motora que pode ser conceituada como mudança do sistema de um estado instável, visível tanto no padrão de movimento, como no desempenho da tarefa, para um estado estável, alcançado em virtude de prática e *feedback* (UGRINOWITSCH, 2003). O segundo se refere à capacidade de generalização da aprendizagem para além do contexto que ela ocorreu. Ou seja, a capacidade de adaptação através de ajustes em mecanismos responsáveis pelo controle motor subjacente à habilidade aprendida, os quais permitirão sua execução mesmo diante de mudanças ambientais ou na própria tarefa.

O processo de aprendizagem é marcado por mudanças na execução (padrão de movimentos) e melhora na precisão do alcance da meta (score). Este processo é marcado inicialmente por desorganização e inconsistência tanto no padrão de movimento quanto no desempenho, mas que devido à prática e *feedback* passa a caracterizar-se por ações padronizadas e consistentes (MAGILL, 2000; TANI, 1995). Tal caracterização do processo de aprendizagem motora tem levado alguns autores (PROFETA, 2009; TANI, 1995; UGRINOWITCSH, 2003; UGRINOWITSCH, *et al.*, 2010; UGRINOWITSCH, *et al.*, 2011) a enfatizarem o papel da estabilização do desempenho na adaptação, pois ela é um aspecto imprescindível para o alcance bem sucedido das metas de ações motoras (BURDET *et al.*, 2006).

O desempenho é considerado estável quando os erros cometidos durante a execução de uma ação habilidosa encontram-se dentro de uma faixa de acerto considerada como aceitável para a tarefa praticada. Ou seja, o desempenho na execução de uma ação motora é definido na sua relação com o resultado da meta a ser atingida (objetivo da tarefa). Quando há uma diferença entre o resultado obtido e a meta da tarefa, esta diferença é definida como erro. Se este erro apresenta valores estáveis e próximos da meta, considerados aceitáveis, com padronização espaço-temporal do movimento, considera-se que a estabilização foi alcançada (BENDA, 2006). Por exemplo, em tarefas de *timing* coincidente tem sido aceito como atingida a estabilização do desempenho quando o erro é igual ou inferior a 30 ms (FONSECA *et al.*, 2012; UGRINOWITSCH; TANI, 2005; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011).

A definição operacional desta estabilização em situações experimentais tem sido feita pela adoção de um critério de desempenho estabelecido em estudo piloto durante a execução da tarefa sem a presença de perturbação. Este procedimento foi utilizado nos trabalhos de Ugrinowitsch (2003); Fialho (2007); Fonseca (2009); Profeta (2009); Loschiavo-Alvares (2010); Ugrinowitsch *et al.*, (2010); Ugrinowitsch, *et al.*, (2011) e Fonseca *et al.*, (2012). Ele é atingido quando a meta da tarefa é alcançada em execuções consecutivas, como por exemplo, executar três tentativas consecutivas em uma tarefa de *timing* coincidente com erro de até 30ms acima ou abaixo do tempo estabelecido. O desempenho em tentativas consecutivas mostra a

consistência do desempenho, uma característica esperada quando a habilidade é aprendida.

A vantagem em se adotar o desempenho critério é que a estabilização pode ser definida de maneira individualizada e todos os sujeitos alcançam um nível semelhante de aprendizagem. Na maioria dos estudos é adotado um número de tentativas para todos, julgando que todos os sujeitos estabilizam seu desempenho com a mesma quantidade de prática. Nesta condição, os sujeitos adquirem uma habilidade com diferentes níveis de aprendizagem, como mostrado por Tani (1995) ao investigar se adaptação só seria possível após a estabilização do desempenho, este autor observou que crianças inexperientes submetidas à prática de 60 tentativas (fase de estabilização) de uma tarefa de rastreamento visual apresentavam ao final da fase alto nível de desvio padrão nas respostas relacionadas às medidas utilizadas (respostas omissas, respostas antecipadas, respostas corretas e respostas erradas). Após serem expostas à segunda fase onde havia inserção de perturbação (40 tentativas) o desempenho das crianças ainda se mantinha diferente. Estes resultados levaram o autor a concluir que a tarefa pode ter implicado diferentes níveis de dificuldade dependendo das características individuais de cada criança. Ugrinowitsch (2003) investigou como sistemas que se encontram em diferentes níveis de estabilização enfrentam diferentes tipos de perturbação. Este autor encontrou que alcançar um nível superior de estabilização do desempenho (superestabilização) possibilita aos sujeitos lidarem com situações que demandam maior dificuldade para se adaptar.

Experimentalmente a estabilização do desempenho tem sido dividida em três diferentes níveis: o primeiro é definido como pré-estabilização, caracterizado por uma não estabilização do desempenho na execução da habilidade, em consequência da ausência, ou de quantidade insuficiente de prática. O segundo nível é definido como estabilização, caracterizado quando a quantidade de prática realizada permite que a habilidade seja aprendida e o critério de desempenho seja alcançado. O último nível é chamado de superestabilização, caracterizada pelo alcance do critério de desempenho repetidas vezes (FONSECA, 2009;

UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH; TANI, 2004; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011).

Estabelecer níveis de estabilização do desempenho é importante para investigar a adaptação. Quando a estabilização do desempenho não é atingida, a adaptação não acontece ou demora mais para acontecer (FONSECA, 2009). Além disso, com a superestabilização a adaptação aconteceu mais rápido do que somente com a estabilização do desempenho (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Outros estudos manipularam o nível de estabilização para testar a adaptação com tarefas complexas de timing coincidente e os resultados se replicaram (FONSECA *et al.*, 2012). Contudo, quando foi utilizada a tarefa de lançamento de dardo a um alvo não foram encontradas diferenças entre os grupos (PROFETA, 2009). Neste último estudo, todos os sujeitos mudaram de estratégia no momento de exposição à perturbação (postergaram o momento de soltura do dardo), o que nivelou o desempenho entre eles. No geral, para tarefas de *timing* coincidente o nível de estabilização tem influenciado a capacidade de adaptação. Contudo, em tarefas de *timing*, mas que exigem interceptação de um alvo móvel, esta questão ainda não foi investigada.

A partir do exposto nesta revisão, surgem as seguintes perguntas:

- 1- O controle motor de grupos que se encontram em diferentes níveis de estabilização do desempenho se difere quando expostos a perturbações imprevisíveis?
- 2- O que o grupo superestabilização é capaz de fazer de diferente do grupo estabilização frente a perturbações imprevisíveis, que torna seu desempenho superior?

3 MÉTODO

3.1 Amostra

Anteriormente à participação no estudo, todos os voluntários forneceram o consentimento livre e esclarecido de participação (APÊNDICE A) de acordo com o termo aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – COEP/ UFMG, sob parecer número ETIC 0563.0.203.000-10 (ANEXO 5).

Participaram deste estudo 40 indivíduos universitários ($25,32 \pm 5,02$ anos de idade), de ambos os sexos (22 homens e 18 mulheres), destros, inexperientes na tarefa. O cálculo amostral para divisão dos grupos foi realizado de acordo com Sampaio (2002). Os sujeitos foram distribuídos nos grupos de forma pseudoaleatória e os grupos tiveram número similar de homens e mulheres. Todos os indivíduos apresentavam visão normal ou corrigida.

3.2 Instrumentos

Os instrumentos utilizados foram um computador Intel Celeron 2.20GHz, um monitor 17" (Dell 60Hz, 1366x768'), um datashow para projeção de um alvo virtual, uma mesa digitalizadora, 35 cm de comprimento, com dispositivo *wirelles* e sensível à pressão (WACON-INTUOS 3 - 9 x 12) com frequência de captura de 200Hz, uma caneta digital (INTUOS 3) compatível com a mesa digitalizadora. A distância utilizada para deslocamento da caneta era de 27,7 cm. O deslocamento do membro superior do voluntário aconteceu no eixo anteroposterior, por meio de uma flexão de ombro e extensão de cotovelo. Este movimento visou deslocar o objeto interceptador (retângulo verde) a partir do movimento da caneta, que era segurada pelo voluntário.

O movimento da caneta foi ao longo de um espaço delimitado na mesa por material emborrachado, que restringia o movimento em 27,7 cm. Um programa virtual que simulava o deslocamento de um alvo e um objeto para interceptá-lo (controlado pelo movimento da caneta) foi construído para esta tarefa no software LABVIEW.

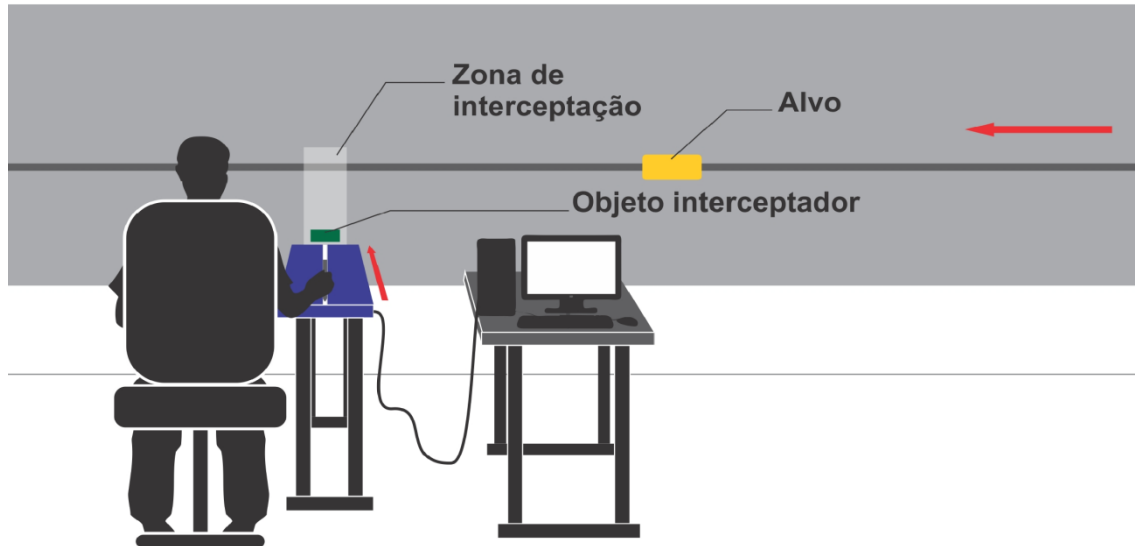


FIGURA 3 – Tarefa virtual de interceptação a alvo móvel.

3.3 Tarefa

Foi utilizada uma tarefa de interceptação (FIG. 3), cujo objetivo era deslocar um objeto (efetor) com o membro dominante (direito) e acertar um alvo virtual que se movimentava perpendicularmente ao efetor. Os voluntários sentavam em uma cadeira ao lado da mesa digitalizadora colocada sobre um apoio na altura do seu membro superior direito. Em seguida, eles seguravam a caneta (efetor), com a mão direita. Um alvo virtual, retângulo amarelo (4 x 6 cm), era projetado na parede, perpendicularmente à posição do voluntário que controlava o objeto interceptador, um retângulo verde (2 x 4 cm), realizando um movimento com a caneta de baixo para cima ao longo da mesa digitalizadora. A partir da primeira aparição, o alvo percorria uma distância de 213 cm da direita para a esquerda do voluntário, até

atingir o centro da zona de interceptação. As velocidades de deslocamento do alvo eram controladas pelo programa supracitado. A meta da tarefa era interceptar o alvo no seu centro, entretanto interceptações feitas 5 cm antes ou depois do centro do alvo foram consideradas corretas.

3.4 Delineamento

Para atingir o objetivo do estudo, foi conduzido um experimento composto por duas fases, ambas realizadas no mesmo dia: pré-exposição e exposição, respectivamente. Os sujeitos foram divididos em dois grupos: grupo estabilização (GE) e grupo superestabilização (GS). Na primeira fase, estes grupos praticaram a tarefa até atingirem o desempenho critério que era de três tentativas consecutivas corretas para o GE e seis blocos de três tentativas corretas para o GS em um máximo de 200 tentativas para o primeiro grupo e 350 para o segundo. Após cada tentativa o voluntário recebeu conhecimento de resultado (CR) relacionado ao seu desempenho através de uma imagem congelada mostrando o local onde estavam o alvo e o efector virtual no momento que este alcançou a zona de interceptação. Nesta fase após cada tentativa, os voluntários também recebiam CR qualitativo relacionado ao seu tempo de movimento (TM), esta informação era fornecida da seguinte forma: TMs abaixo de 179 ms: “seu movimento foi muito rápido!”. TMs entre 180 e 199 ms: “seu movimento foi rápido!”. TMs entre 200 e 250 ms: “bom tempo de movimento!”. TMs entre 251 e 270 ms: “seu movimento foi lento!”. TMs acima de 271 ms: “seu movimento foi muito lento!”. O objetivo nesta fase, além de conseguirem alcançar o desempenho critério de acordo com o grupo ao qual pertencia, o voluntário deveria também aprender a realizar o movimento com durações entre 200 e 250 ms por isso o fornecimento de CR. Nesta fase, a velocidade do alvo a ser interceptado não sofria mudanças. O nome desta fase foi pensando em função do delineamento do experimento, para não confundi-la com referencial teórico e ter coerência com o nome da segunda fase. Quando os sujeitos atingiam o desempenho critério específico de cada grupo tinha início a segunda fase, na qual eram inseridas as perturbações em tentativas específicas mas

imprevisíveis para os sujeitos. Como nesta fase os sujeitos ficaram expostos às perturbações, ela foi denominada como fase de exposição.

Nesta segunda fase, os grupos realizaram 129 tentativas, sendo 111 controle e 18 com perturbações. Após cada tentativa desta fase os voluntários recebiam CR relacionado ao seu desempenho. As perturbações eram inseridas por meio de mudanças na velocidade do alvo após os sujeitos terem visualizando-o e iniciado o movimento de interceptação. Tais perturbações eram distribuídas de maneira imprevisível para os sujeitos. A manipulação da imprevisibilidade seguiu os mesmos padrões dos estudos de Loschiavo-Alvares (2010) e Fonseca (2012). Foram utilizadas duas mudanças na velocidade do alvo (uma com aumento e outra com diminuição da velocidade em relação à praticada na primeira fase). As alterações na velocidade eram em sentido oposto para que os sujeitos não pudessem antecipar as correções e inseridas a cada seis tentativas controle, mas a ordem das duas foi pseudoaleatória.

Na fase de pré-exposição, a velocidade de deslocamento do alvo era constante (145 cm/s), a *time window* (TW) nesta fase era de 55,17 ms, valor similar aos manipulados por Tresilian *et al.*, 2003. Na exposição, a velocidade de deslocamento do alvo era a mesma. Nas tentativas com perturbação o alvo se na mesma velocidade do que na fase anterior até que o voluntário iniciasse o deslocamento do efetor. Neste momento ocorria a mudança da velocidade do alvo até o local da interceptação, consideradas as perturbações. Para as perturbações 1 (PI), a velocidade aumentava para 200 cm/s (TW = 40 ms) e para as perturbações 2 (PII), a velocidade era reduzida para 90 cm/s (TW = 88,8 ms).

3.5 Procedimentos

Todos os voluntários foram abordados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG. Em seguida foi realizado o agendamento de dia e horário para realização da coleta de dados. No dia agendado, o(a) voluntário(a) era recebido(a) individualmente pelos experimentadores em uma sala da EEFFTO utilizada somente para fins de pesquisa. Neste momento foi explicado o objetivo e os procedimentos da pesquisa. Caso concordassem em participarem do estudo, eles recebiam o termo de consentimento livre e esclarecido. Após leitura e assinatura, os procedimentos para coleta de dados tiveram início.

Inicialmente, um modelo experiente realizava cinco demonstrações da tarefa seguida por uma breve instrução verbal (ANEXO 4). Quando não havia mais dúvidas sobre a execução da tarefa, o voluntário era convidado a sentar-se em uma cadeira colocada ao lado da mesa digitalizadora e de frente para a parede onde o alvo virtual era projetado. Neste momento ele(a) era orientado(a) a segurar a caneta (efetor) com a mão direita e apoiá-la sobre a mesa digitalizadora. Após verificar novamente que não existiam dúvidas sobre o experimento, um sinal de “prepare pra começar” era dado pela pesquisadora e o experimento tinha início. Após o aparecimento do alvo virtual na parede, o voluntário deveria controlar o tempo e velocidade de movimento da caneta sobre a mesa digitalizadora para conseguir interceptar-lo.

3.6 Variáveis

3.6.1 Variáveis dependentes

A) Desempenho:

- Erro absoluto espacial: diferença em centímetros da distância entre o ponto médio do retângulo interceptador e o centro do alvo. Esta medida mostra a precisão do desempenho. De acordo com Newell (1980), citado por Tresilian (2005), em tarefas de interceptação em que o indivíduo move o efector em uma distância específica em um tempo específico, o erro temporal pode ser representado pelo erro espacial.
- Erro espacial variável: resultado do cálculo do desvio padrão do erro espacial constante em centímetros. Esta medida indica a consistência do desempenho.
- Número de tentativas necessárias na fase de pré-exposição para alcançar o desempenho critério. Esta medida indica se os grupos realmente tiveram diferente quantidade de prática em função da medida do nível de estabilização adotada.

B) Medidas Cinemáticas:

- Tempo para o pico de velocidade (tPV): tempo gasto entre o início do movimento e o alcance do pico de velocidade em segundos. Esta medida indica o controle predominante via pré-programação.
- Número de correções: número de vezes que houver correções na curva de aceleração. Esta medida indica o controle predominante via *feedback*.

3.6.2 Variáveis independentes

- Nível de estabilização do desempenho de cada grupo através do alcance do desempenho critério na primeira fase (pré-exposição).
- A perturbação manipulada na fase de exposição.

3.7 Análise estatística

Inicialmente os dados foram analisados quanto à normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Após constatação da normalidade foram conduzidas as análises descritas a seguir.

Os dados foram analisados em blocos de três tentativas nas duas fases do experimento. Na segunda fase, eles foram analisados tanto para as tentativas controle como para as tentativas com perturbação.

Foi realizada uma comparação entre o comportamento dos grupos GE e GS nas três primeiras e nas três últimas tentativas da fase de pré-exposição através de uma ANOVA *two way* (2 grupos x 2 blocos).

Para comparação entre a quantidade de tentativas necessárias para o alcance do critério de desempenho por cada grupo na fase de pré-exposição foi conduzido um teste *t* de Student não pareado.

Para analisar os resultados da fase de exposição, os dados foram organizados por perturbação em blocos de três tentativas, e comparadas por tentativas imediatamente anteriores à perturbação (Pré), tentativas com a perturbação (P) e

tentativas imediatamente após a perturbação (Pós), exceto a medida do número de correções (descrição abaixo). Esta organização resultou em três blocos da perturbação I (Pré PI, PI e Pós PI) e três blocos da perturbação II (Pré PII, PII e Pós PII). Foram conduzidas ANOVAS *two way* (2 grupos x 3 blocos), comparando GE e GS nos blocos Pré, P e Pós, separadamente.

A análise do número de correções feitas pelos grupos durante a exposição foi realizada em blocos de três tentativas e somente nas tentativas com perturbação. Esta organização resultou em três blocos de PI (PI1, PI2 E PI3) e três blocos de PII (PII1, PII2, PII3). Foram conduzidas ANOVAs *two way* (2 grupos x 3 blocos), comparando GE e GS nos blocos da PI e da PII separadamente.

Os testes de Tukey ou Duncan (*post hoc*) foram utilizados na comparação par a par, quando necessário. O Tukey foi utilizado nas situações nas quais o coeficiente de variação (CV) foi menor que 30%, nas demais situações (CV maior que 30%), foi utilizado o teste de Duncan (SAMPAIO, 2002). O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 Comportamento dos grupos durante a fase de pré-exposição

A análise da precisão do desempenho (erro espacial absoluto em cm) do primeiro e do último bloco da fase de pré-exposição (GRÁFICO 1) mostrou diferença significativa no fator blocos $F(1, 38) = 70,723$, $p = 0,01$, indicando que a precisão de ambos os grupos aumentou do início para o final desta fase. O teste não apontou diferença significativa entre grupos $F(1, 38) = 0,76817$, $p = 0,38$ e nem efeito significativo na interação grupos e blocos $F(1, 38) = 0,55866$, $p = 0,45$.

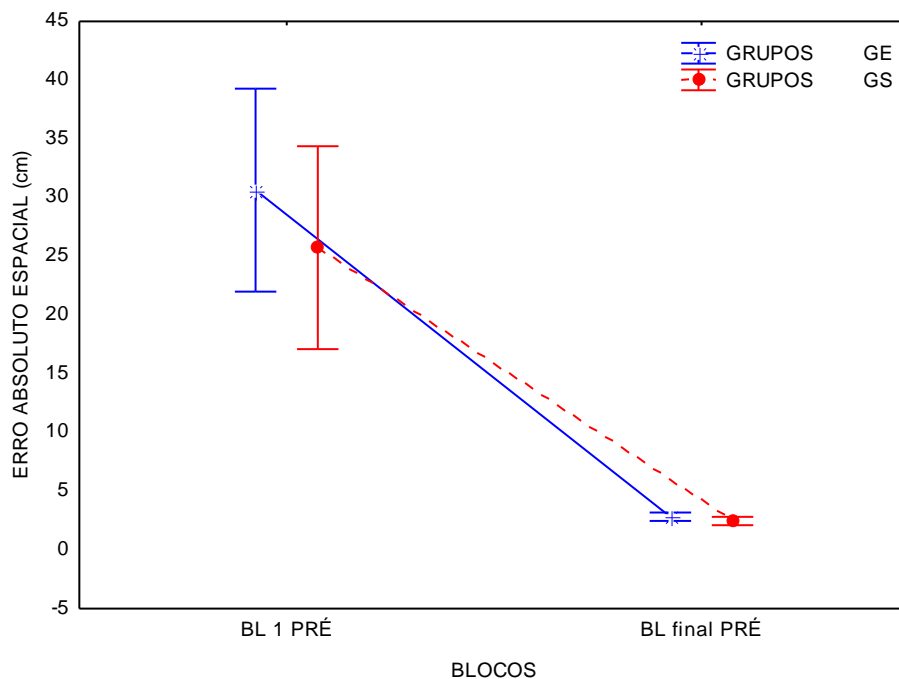


GRÁFICO 1: média do erro absoluto espacial (cm) no primeiro e no último bloco da pré-exposição para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da consistência do desempenho (erro variável espacial em cm) do primeiro e do último bloco da fase de pré-exposição (GRÁFICO 2) mostrou diferença significativa no fator blocos $F(1, 38) = 103,09$, $p = 0,001$, indicando que a consistência de ambos os grupos aumentou do início para o final desta fase. O teste não apontou diferença significativa entre grupos $F(1, 38) = 1,1684$, $p = 0,28$ e nem efeito significativo na interação grupos e blocos $F(1, 38) = 0,9556$, $p = 0,33$.

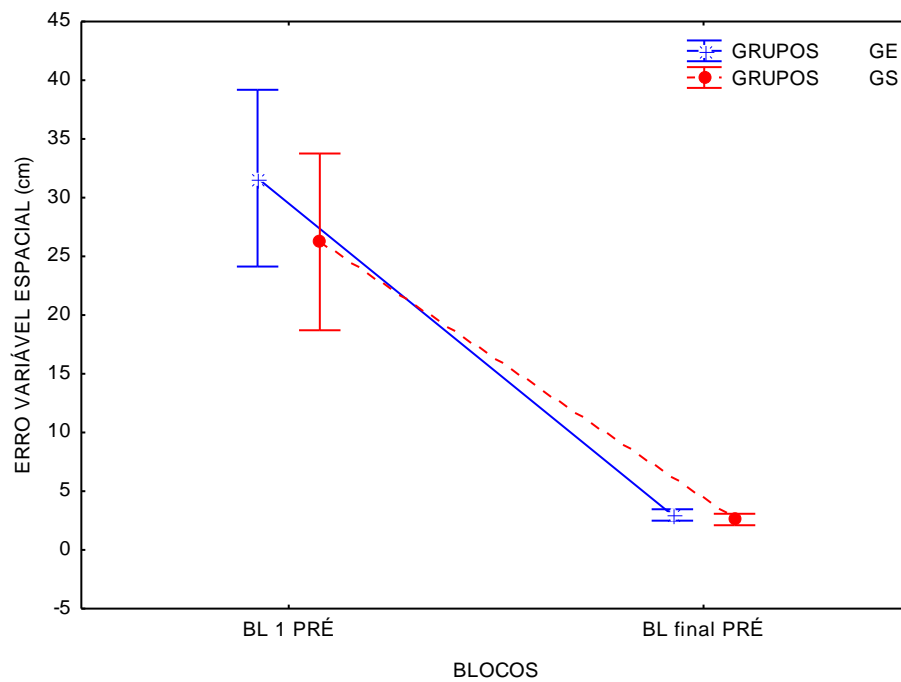


GRÁFICO 2: média do erro variável espacial (cm) no primeiro e no último bloco da pré-exposição para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do tempo para o pico de velocidade (tPV em ms) do primeiro e do último bloco da fase de pré-exposição (GRÁFICO 3) mostrou diferença significativa no fator blocos $F(1, 38) = 13,519$, $p = 0,01$, indicando que o tPV diminuiu do início para o final desta fase. O teste não apontou diferença significativa entre grupos $F(1, 38) = 0,53519$, $p = 0,46$ e nem efeito significativo na interação grupos e blocos $F(1, 38) = 0,27366$, $p = 0,60$.

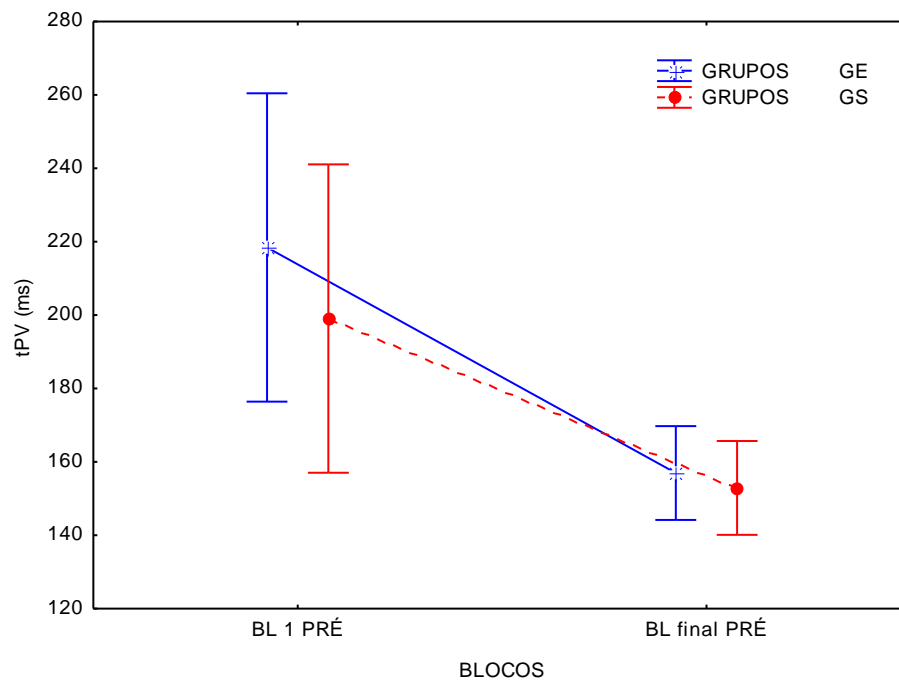


GRÁFICO 3: média do tPV (ms) no primeiro e no último bloco da pré-exposição para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

Como o tempo de movimento (TM) no primeiro bloco da pré-exposição apresentou valores mais variáveis do que no último, $p = 0,01$ (GRÁFICO 4), exclusivamente nesta fase foi realizada uma análise do tempo relativo para o pico de velocidade (tPV%). Esta análise do primeiro e do último bloco da fase de pré-exposição (Gráfico 5) mostrou diferença significativa no fator blocos $F(1, 38) = 15,151$, $p = 0,01$, indicando que o tPV% aumentou do início para o final desta fase. O teste não apontou diferença significativa entre grupos $F(1, 38) = 0,10306$, $p = 0,74$ e nem efeito significativo na interação grupos e blocos $F(1, 38) = 0,00632$, $p = 0,93$.

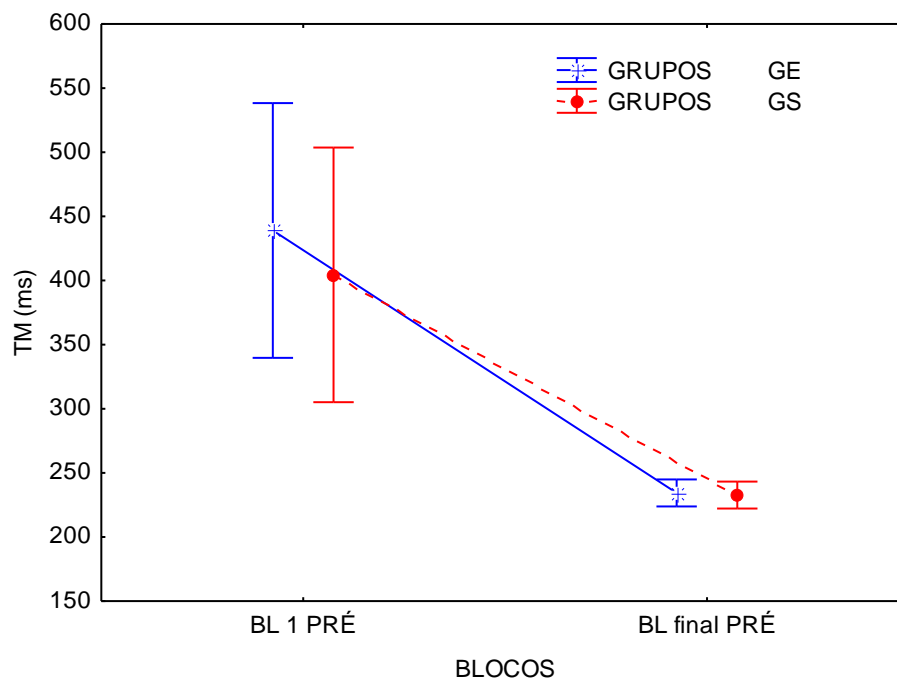


GRÁFICO 4: média do TM (ms) no primeiro e no último bloco da pré-exposição para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

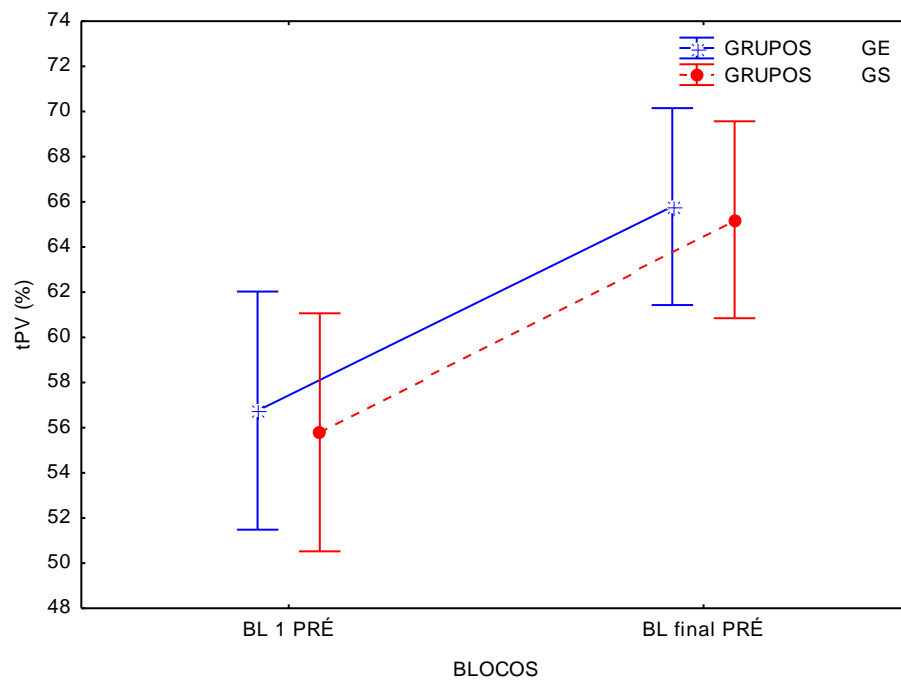


GRÁFICO 5: média do tPV% no primeiro e no último bloco da pré-exposição para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do número de tentativas para alcançar os critérios de desempenho (GRÁFICO 6) previamente estabelecidos (GE - um bloco de três tentativas consecutivas corretas; GS - seis blocos de três tentativas consecutivas corretas) durante a pré-exposição apontou diferença significativa entre os grupos $t = 0,50$, $p = 0,001$. O GS precisou realizar mais tentativas nesta fase pra alcançar o critério de desempenho do que o GE.

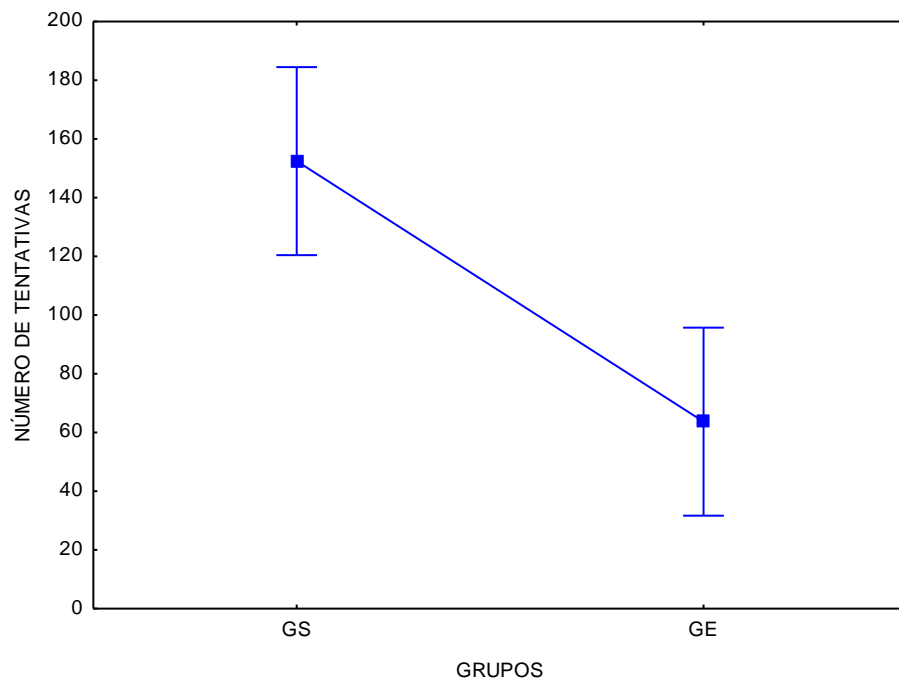


GRÁFICO 6: média do número de tentativas realizado pelos grupos GS e GE, na pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

4.2 Comportamento dos grupos durante a fase de exposição

A análise das perturbações será apresentada separadamente, PI e PII, comparando os blocos Pré, P e Pós.

4.2.1 Perturbação I (PI)

A análise da precisão do desempenho (erro espacial absoluto em cm) (GRÁFICO 7) indicou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 8,6096$, $p = 0,005$, com o GS apresentando maior precisão que o GE. O teste também indicou diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 10,351$, $p = 0,0001$, e o *post hoc* detectou que os dois grupos diminuíram a precisão quando foram perturbados ($p < 0,05$), mas no bloco Pós retomaram o mesmo nível de desempenho prévio à perturbação ($p > 0,05$). Não houve efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 0,03070$, $p = 0,96$.

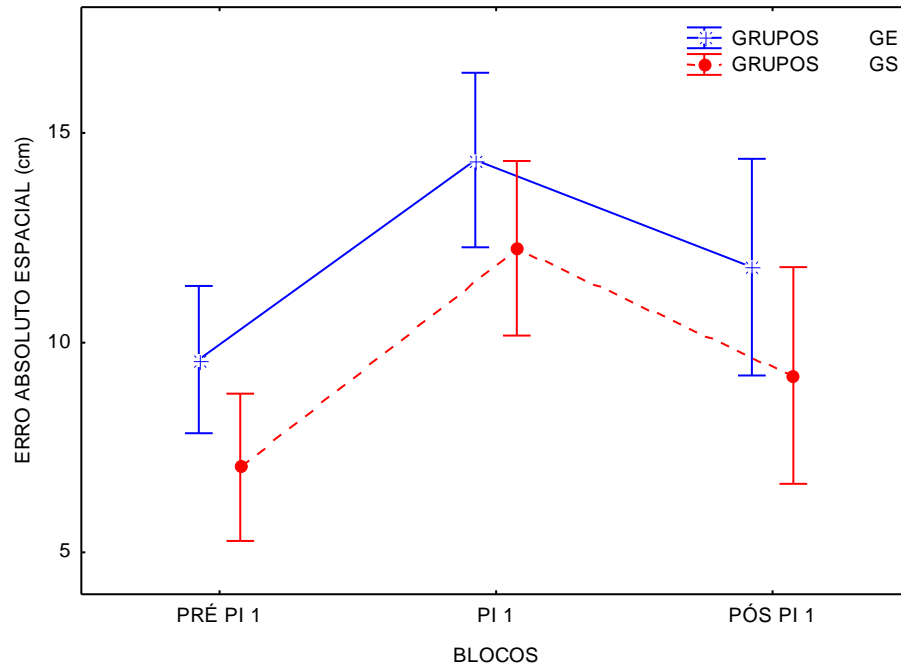


GRÁFICO 7: média do erro absoluto espacial (cm) em pré PI1, PI1 e pós PI1 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da consistência do desempenho (erro variável espacial em cm) (GRÁFICO 8) indicou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 9,5120$, $p = 0,003$, sendo que o comportamento do GS foi mais consistente que do GE. Não houve diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 1,8864$, $p = 0,15$ nem efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 1,8286$, $p = 0,16$.

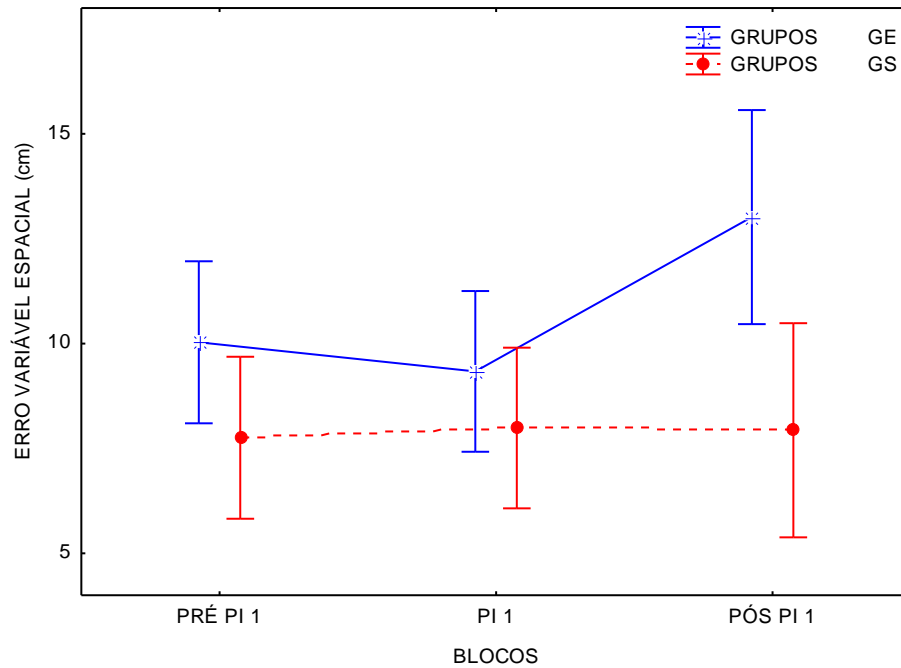


GRÁFICO 8: média do erro variável espacial (cm) em pré PI1, PI1 e pós PI1 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do tPV (ms) (GRÁFICO 9) não apontou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 0,05726$, $p = 0,81$ nem no fator blocos $F(2, 76) = 1,7704$, $p = 0,17$. Também não houve efeito significativo na interação grupos blocos $F(2, 76) = 0,61746$, $p = 0,54$.

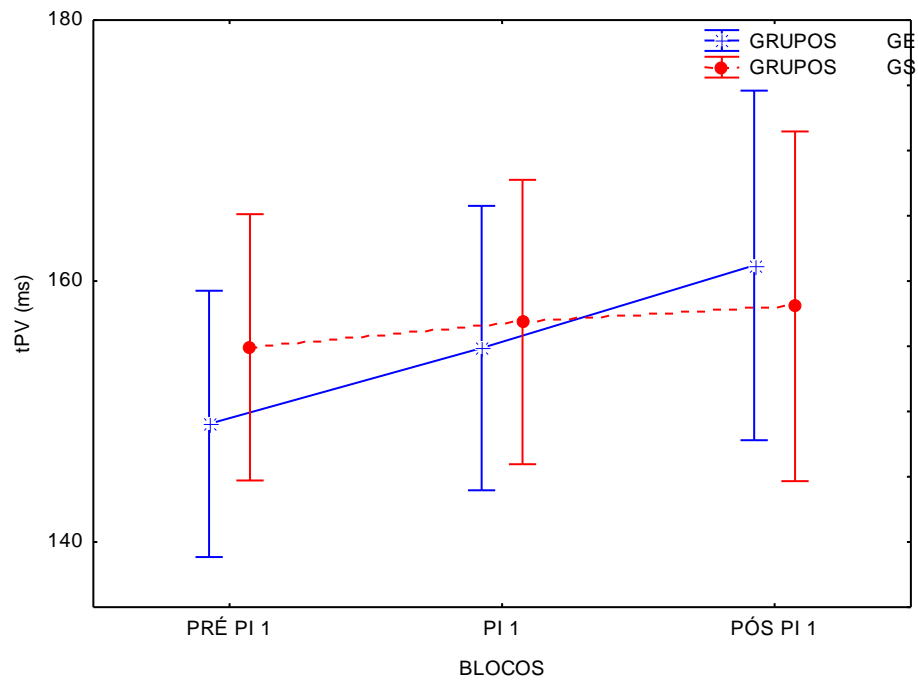


GRÁFICO 9: média do tPV (ms) em pré PI1, PI1 e pós PI1 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da precisão do desempenho (erro espacial absoluto em cm) realizada no segundo bloco da PI (PI2) (GRÁFICO 10) indicou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 8,2773$, $p = 0,006$, com o GS apresentando maior precisão que o GE. Além disso, o teste também indicou diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 29,997$, $p = 0,001$ e o *post hoc* detectou diminuição da precisão do desempenho diante da perturbação ($p < 0,05$), entretanto no bloco Pós perturbação a precisão foi retomada alcançando valor similar ao do bloco Pré ($p > 0,05$). Houve também efeito significativo da interação grupos e blocos $F(2, 76) = 4,5105$, $p = 0,01$. O *post hoc* apontou que a precisão do desempenho do GE diminuiu diante da perturbação ($p < 0,05$), e a precisão alcançada em Pré PI2 foi retomada imediatamente após a retirada da perturbação ($p > 0,05$), ou seja, em Pós PI2. A precisão do desempenho do GS no bloco com perturbação e Pós manteve-se similar ao desempenho do bloco Pré ($p > 0,05$). Além disso, durante a perturbação o GS foi mais preciso do que o GE ($p < 0,05$).

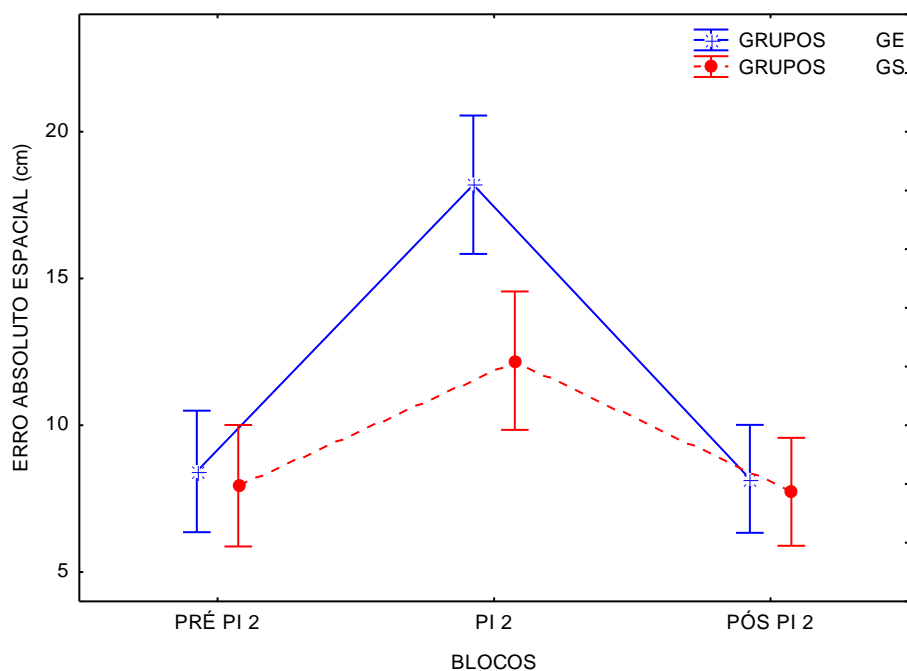


GRÁFICO 10: média do erro absoluto espacial (cm) em pré PI2, PI2 e pós PI2 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da consistência do desempenho (erro variável espacial em cm) (GRÁFICO 11) indicou diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 3,6151$, $p = 0,03$, sendo que o desempenho no bloco com perturbação foi menos consistente do que no bloco Pré ($p < 0,05$). Também houve efeito significativo da interação grupos e blocos $F(2, 76) = 5,5615$, $p = 0,005$. O *post hoc* detectou que o GE apresentou desempenho menos consistente no bloco com perturbação do que nos blocos Pré e Pós ($p < 0,05$). A consistência do desempenho do GS no bloco com perturbação e Pós manteve-se similar ao desempenho do bloco Pré ($p > 0,05$). Não houve diferença no fator grupos $F(1, 38) = 0,83928$, $p = 0,36$.

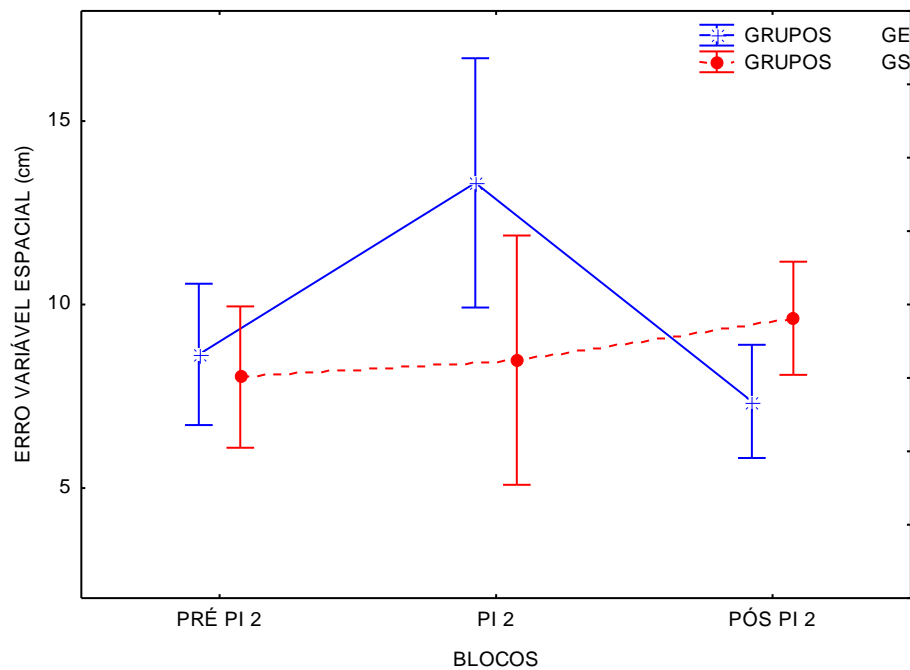


GRÁFICO 11: média do erro variável espacial (cm) em pré PI2, PI2 e pós PI2 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do tPV (ms) (GRÁFICO 12) indicou efeito significativo da interação grupos e blocos $F(2, 76) = 5,66,24$, $p = 0,005$. O *post hoc* detectou que o tPV do GS no bloco com perturbação foi menor do que nos blocos Pré e Pós ($p > 0,05$). Não houve diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 0,05922$, $p = 0,80$, nem no fator blocos $F(2, 76) = 2,7857$, $p = 0,06$.

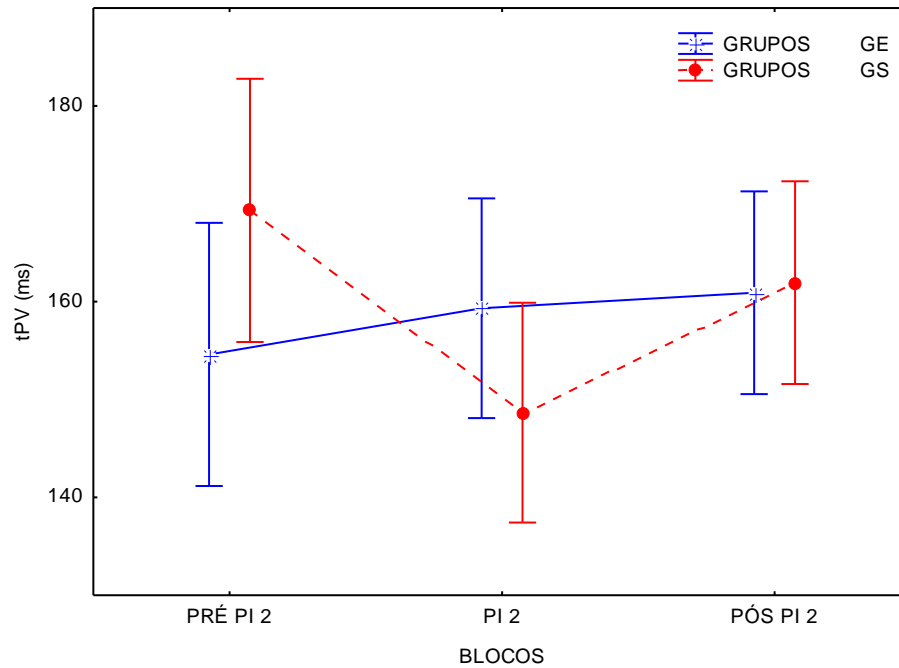


GRÁFICO 12: média do tPV (ms) em pré PI2, PI2 e pós PI2 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da precisão do desempenho (erro espacial absoluto em cm) realizada no terceiro bloco da PI (PI3) (GRÁFICO 13) apontou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 8,9503$, $p = 0,00$, com o GS apresentando maior precisão que o GE. O teste também indicou diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 28,792$, $p = 0,00$. O *post hoc* detectou diminuição da precisão do desempenho diante da perturbação ($p < 0,05$), no bloco Pós a precisão aumentou em relação ao bloco com perturbação ($p < 0,05$), mas em relação ao bloco Pré, a precisão se manteve ($p > 0,05$). Não houve efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 1,7510$, $p = 0,18$.

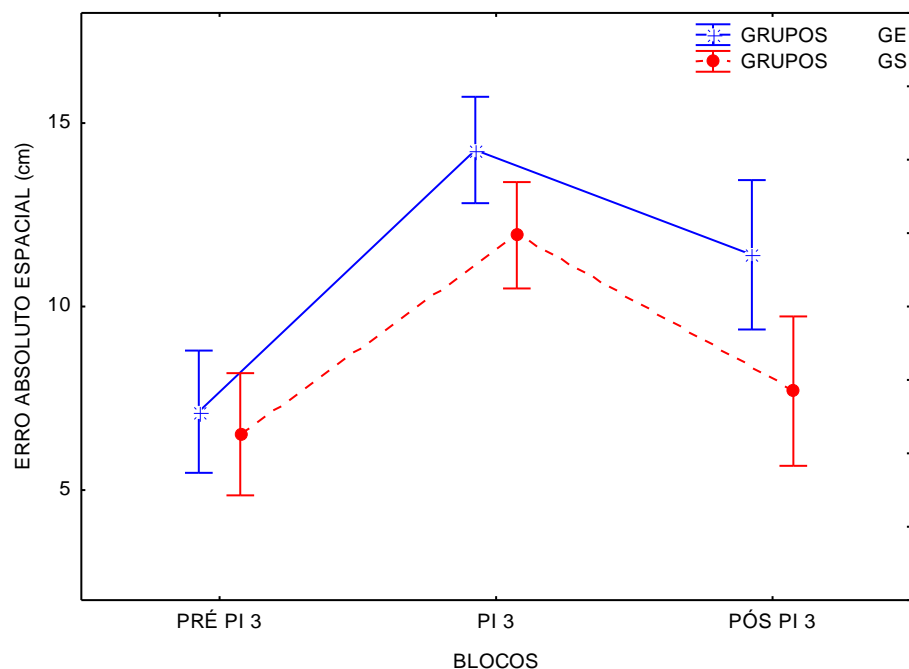


GRÁFICO 13: média do erro absoluto espacial (cm) em pré PI3, PI3 e pós PI3 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da consistência do desempenho (erro variável espacial em cm) (GRÁFICO 14) apontou efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 3,1512$, $p = 0,04$. O *post hoc* detectou que o desempenho do GS foi menos consistente no bloco com perturbação do que no bloco Pré ($p > 0,05$), a consistência apresentada no bloco Pós foi similar a dos blocos com perturbação e Pré. Não houve diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 0,27942$, $p = 0,60$ nem no fator blocos $F(2, 76) = 2,2481$, $p = 0,11$.

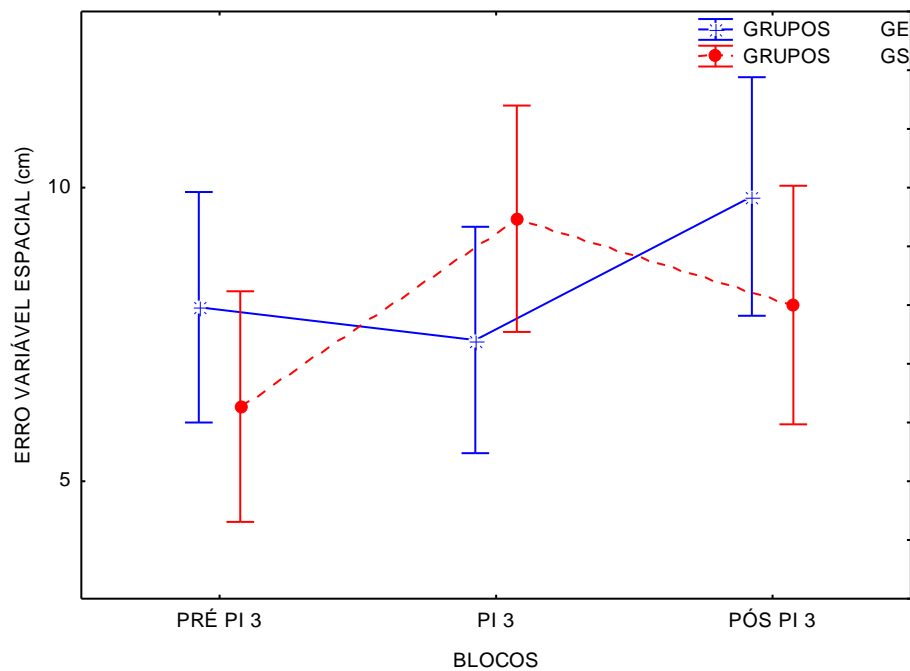


GRÁFICO 14: média do erro variável espacial (cm) em pré PI3, PI3 e pós PI3 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do tPV (ms) (GRÁFICO 15) detectou efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 4,0921$, $p = 0,02$. O *post hoc* apontou que o tPV do GE no bloco Pré foi significativamente menor do no bloco Pós ($p < 0,005$). Não houve qualquer diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 2,6416$, $p = 0,11$ nem no fator blocos $F(2, 76) = 0,76344$, $p = 0,46$.

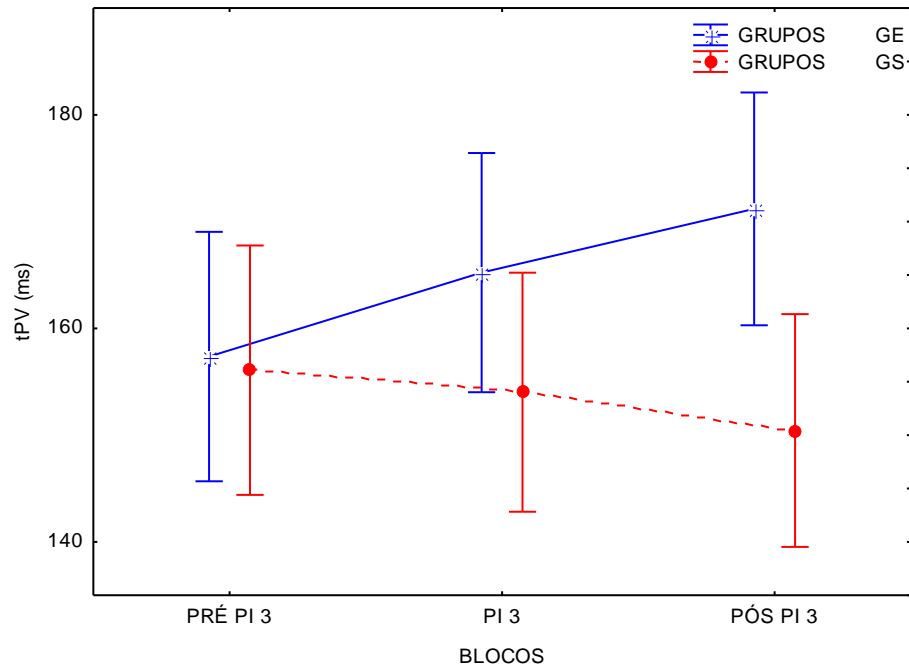


GRÁFICO 15: média do tPV (ms) em pré PI3, PI3 e pós PI3 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do número de correções realizadas durante as perturbações I (PI1, PI2, PI3) (GRÁFICO 16) apontou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 15,194$, $p = 0,0003$, sendo que o GS realizou mais correções do movimento durante as perturbações do que o GE ($p < 0,05$). Não houve qualquer diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 0,27711$, $p = 0,75$ nem interação entre grupos e blocos $F(2, 76) = 0,92216$, $p = 0,40206$.

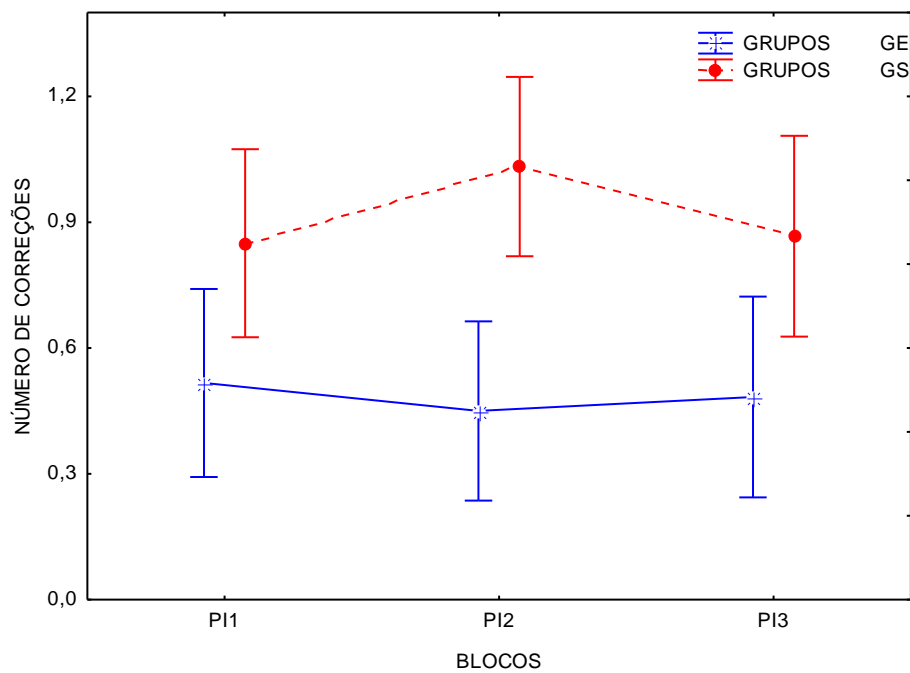


GRÁFICO 16: média do número de correções em PI1, PI2 e PI3 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

As FIGURAS 4a e 4b são apresentadas para ilustrar o comportamento dos grupos no presente estudo e apresentam exemplos do perfil da curva de aceleração em uma situação que não houve correções do movimento (4a) e em uma situação com correções (4b).

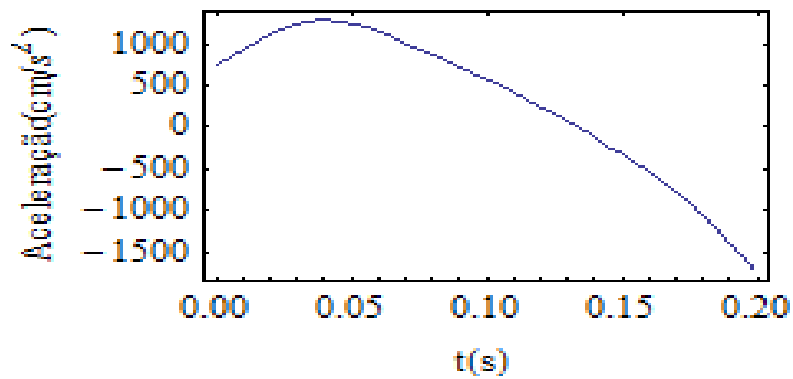


FIGURA 4a: exemplo do perfil de aceleração de um participante individual na realização de um movimento sem correções.

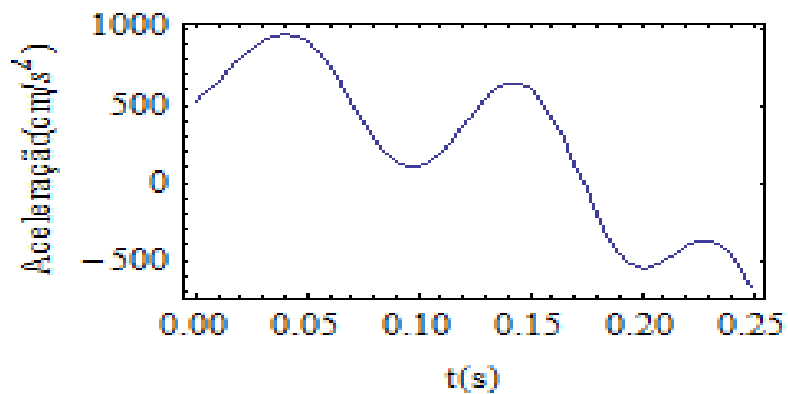


FIGURA 4b: exemplo do perfil de aceleração de um participante individual na realização de um movimento com correções.

4.2.2 Perturbações II (PII)

A análise da precisão do desempenho (erro espacial absoluto em cm) realizada no primeiro bloco da PII (PII1) (GRÁFICO 17) apontou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 4,8611$, $p = 0,03$, com o GS apresentando maior precisão que o GE. Além disso, houve diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 24,561$, $p = 0,001$. O *post hoc* detectou que os dois grupos diminuíram a precisão quando foram perturbados ($p < 0,05$), mas no bloco Pós retomaram o mesmo nível de desempenho prévio à perturbação ($p > 0,05$). Não houve efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 0,11577$, $p = 0,89$.

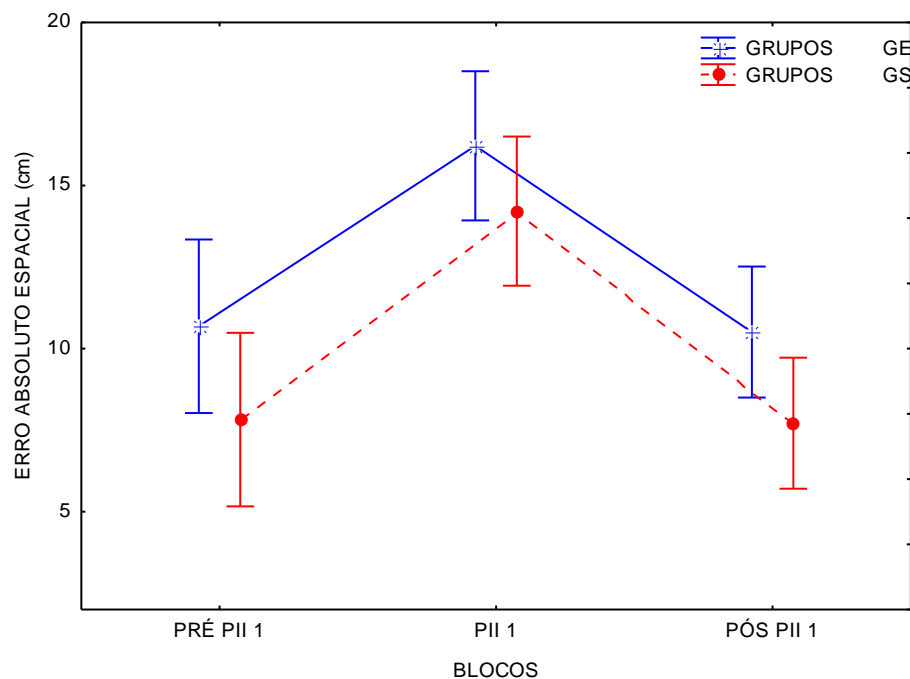


GRÁFICO 17: média do erro absoluto espacial (cm) em pré PII1, PII1 e pós PII1 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da consistência do desempenho (erro variável espacial em cm) (GRÁFICO 18) indicou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 6,0435$, $p = 0,01$, sendo que o comportamento do GS foi mais consistente que do GE. Não houve diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 1,2255$, $p = 0,29$ nem interação grupos e blocos $F(2, 76) = 2,0339$, $p = 0,13$.

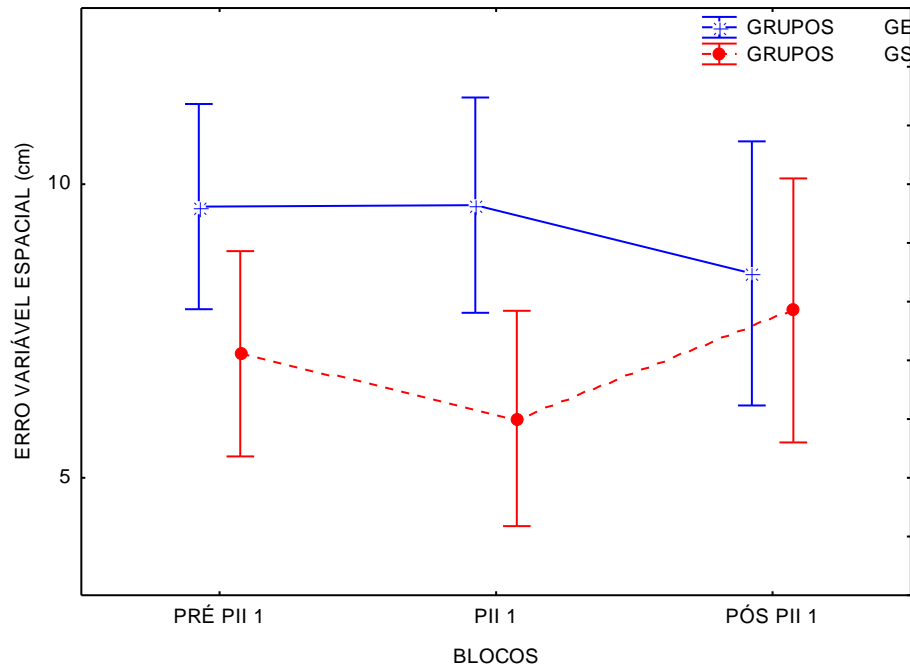


GRÁFICO 18: média do erro variável espacial (cm) em pré PII1, PII1 e pós PII1 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do tPV (ms) (GRÁFICO 19) não apontou qualquer diferença significativa no tPV no fator grupos $F(1, 38) = 0,02299$, $p = 0,88$ e no fator blocos $F(2, 76) = 0,77409$, $p = 0,46$. Também não houve efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 0,77459$, $p = 0,46$.

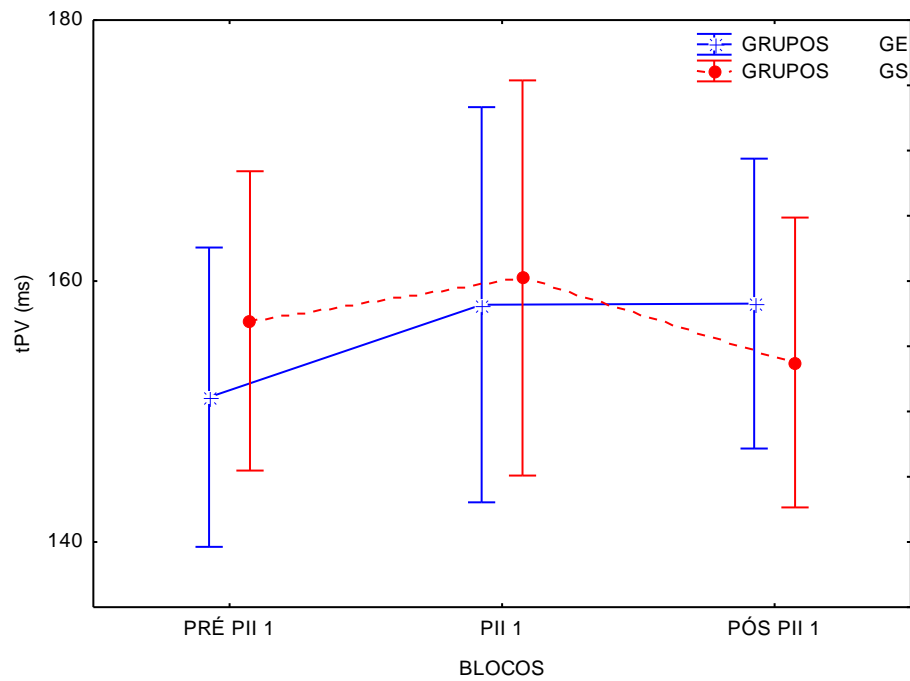


GRÁFICO 19: média do tPV (ms) em pré PII1, PII1 e pós PII1 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da precisão do desempenho (erro espacial absoluto em cm) (GRÁFICO 20) realizada no segundo bloco da PII (PII2) apontou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 12,386$, $p = 0,01$, com o GS apresentando maior precisão que o GE. O teste também indicou diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 29,611$, $p = 0,01$. O *post hoc* detectou que houve redução da precisão no bloco com perturbação ($p < 0,05$), mas no bloco Pós a precisão foi retomada alcançando valores similares ao bloco Pré ($p > 0,05$). Além disso, houve efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 5,9490$, $p = 0,01$. O *post hoc* detectou que a precisão do desempenho do GE no bloco com perturbação foi inferior à precisão no bloco Pré e Pós ($p < 0,05$), entretanto imediatamente após a retirada da perturbação, ou seja, no bloco Pós, a precisão foi retomada ($p > 0,05$). O GS manteve a mesma precisão do desempenho do bloco Pré no bloco com perturbação e no bloco Pós ($p > 0,05$).

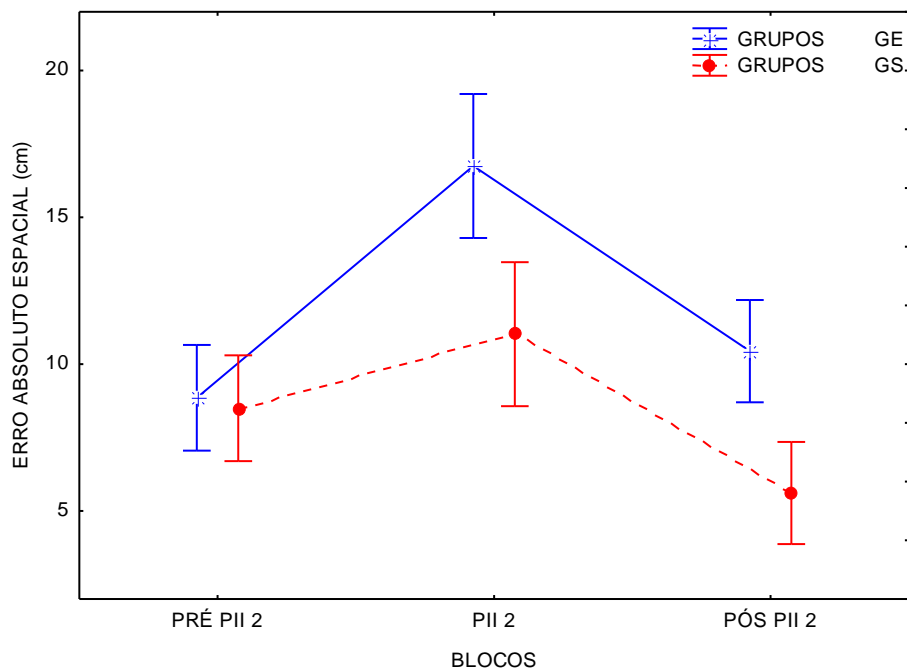


GRÁFICO 20: média do erro absoluto espacial (cm) em pré PII2, PII2 e pós PII2 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da consistência do desempenho (erro variável espacial em cm) (GRÁFICO 21) não apontou qualquer diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 1,1286$, $p = 0,29$ e no fator blocos $F(2, 76) = 1,2255$, $p = 0,29$. Também não houve efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 2,0339$, $p = 0,13$.

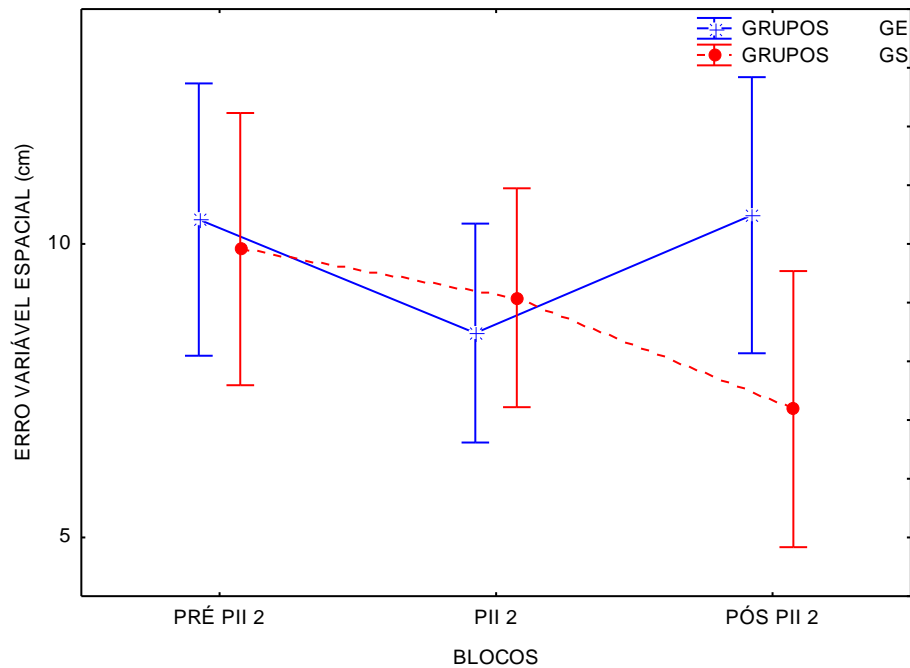


GRÁFICO 21: média do erro variável espacial (cm) em pré PII1, PII1 e pós PII1 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do tPV (ms) (GRÁFICO 22) apontou diferença no fator blocos $F(2, 76) = 5,7714$, $p = 0,01$. O *post hoc* detectou que o tPV no bloco com perturbação aconteceu mais rápido do que nos blocos Pré e Pós ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 0,31762$, $p = 0,57$, nem interação entre grupos e blocos $F(2, 76) = 2,8800$, $p = 0,06$.

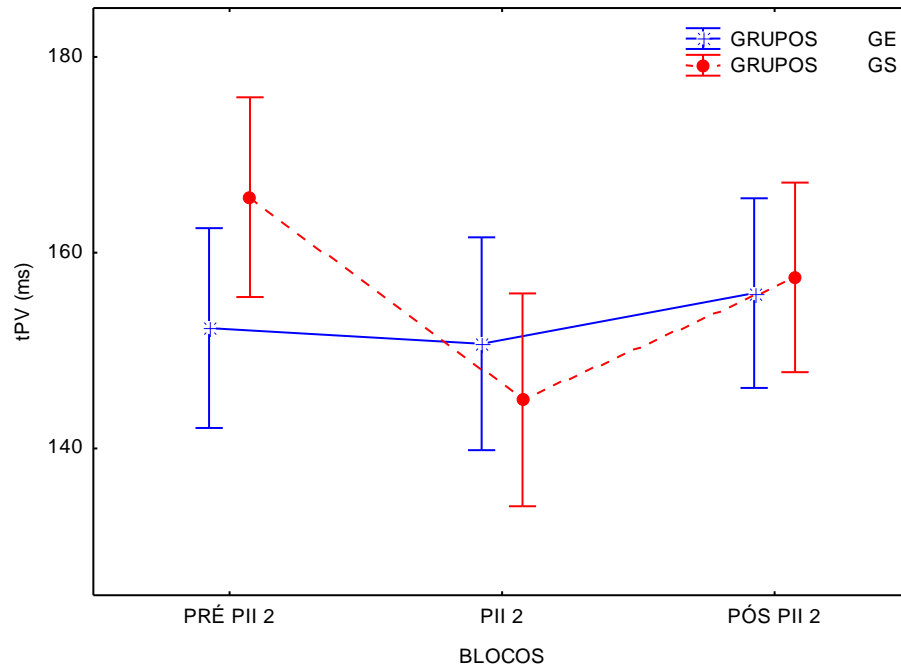


GRÁFICO 22: média do tPV (ms) em pré PII2, PII2 e pós PII2 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da precisão do desempenho (erro espacial absoluto em cm) realizada no terceiro bloco da PII (PII3) (GRÁFICO 23) apontou diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 24,889$, $p = 0,01$. O *post hoc* detectou que a precisão do desempenho foi menor no bloco com perturbação do que nos blocos Pré e Pós ($p < 0,05$) e que após a retirada da perturbação, no bloco Pós, a precisão aumentou, entretanto ainda se manteve inferior à alcançada no bloco Pré ($p < 0,05$) (Gráfico 20). Além disso, efeito significativo da interação entre grupos e blocos $F(2, 76) = 6,9891$, $p = 0,01$. O *post hoc* detectou que o desempenho do GE no bloco com perturbação foi inferior ao bloco Pré e Pós ($p < 0,05$). Não houve diferença da precisão do desempenho do GS em qualquer bloco ($p > 0,05$).

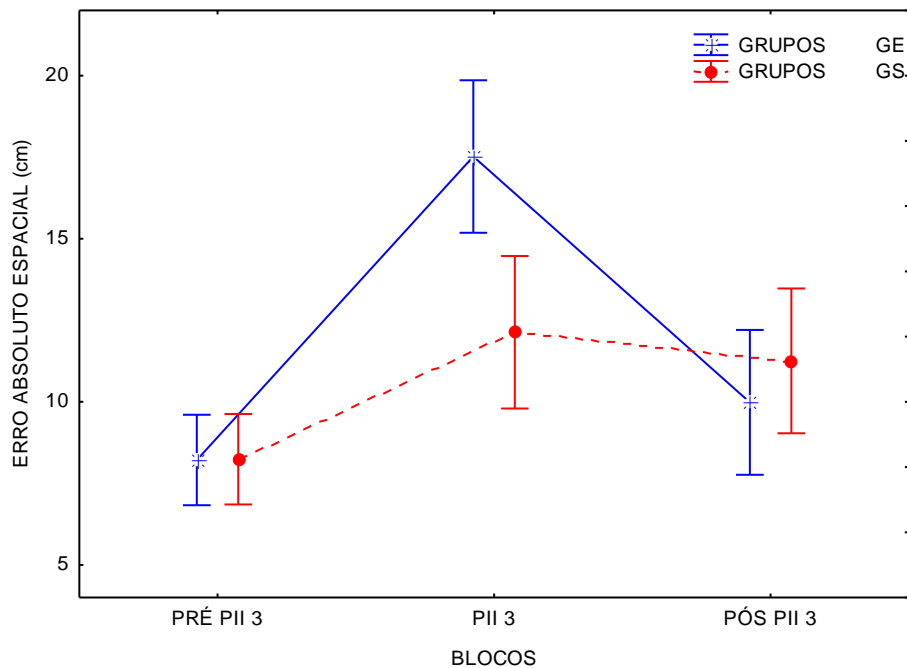


GRÁFICO 23: média do erro absoluto espacial (cm) em pré PII3, PII3 e pós PII3 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise da consistência do desempenho (erro variável espacial em cm) (GRÁFICO 24) não apontou qualquer diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 1,2481$, $p = 0,27$ nem no fator blocos $F(2, 76) = 1,2255$, $p = 0,29$. Também não houve efeito significativo na interação entre grupos e blocos $F(2, 76) = 0,40060$, $p = 0,67$.

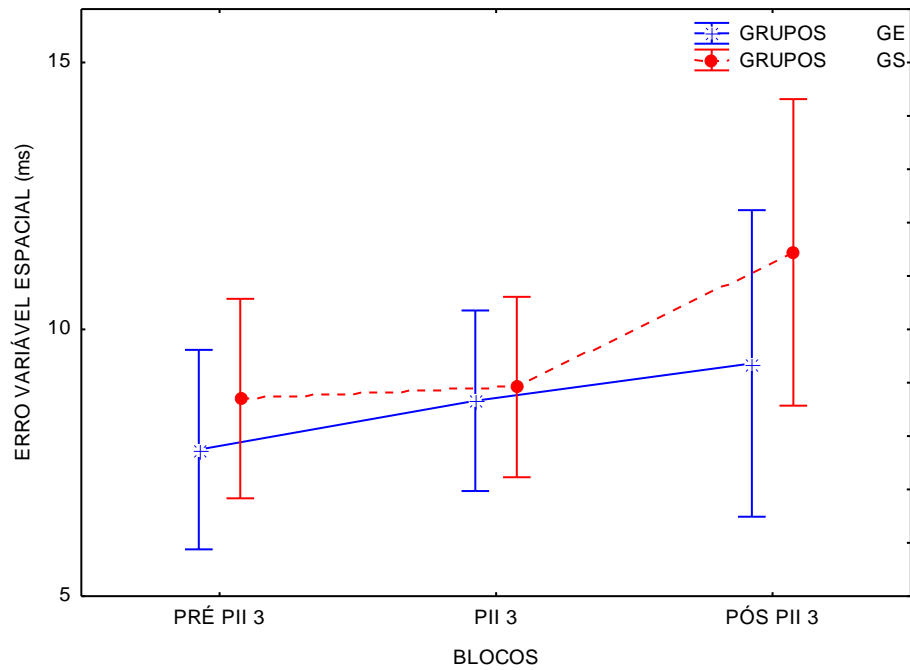


GRÁFICO 24: média do erro variável espacial (cm) em pré PII3, PII3 e pós PII3 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do tPV (ms) (GRÁFICO 25) apontou diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 5,1944$, $p = 0,007$. O *post hoc* detectou que o tPV no bloco com perturbação aconteceu mais rápido do que no bloco Pré ($p < 0,05$). Além disso, houve efeito significativo na interação grupos e blocos $F(2, 76) = 9,0773$, $p = 0,0002$. O *post hoc* detectou que o tPV do GS no bloco com perturbação foi menor do que no bloco Pré ($p > 0,05$). Não houve diferença significativa entre grupos $F(1, 38) = 0,54518$, $p = 0,46$.

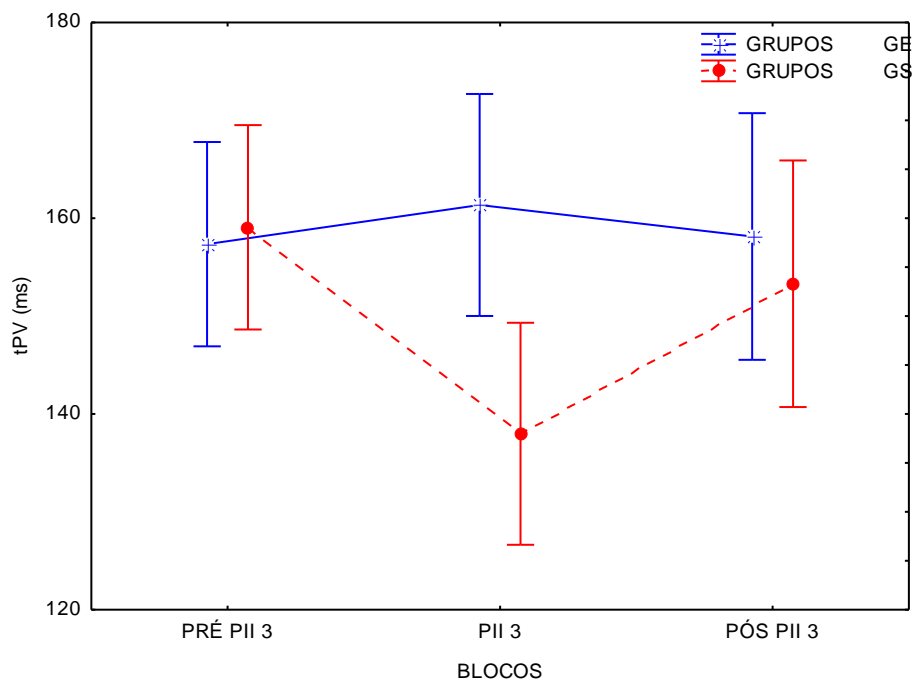


GRÁFICO 25: média do tPV (ms) em pré PII2, PII2 e pós PII2 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

A análise do número de correções realizadas durante as perturbações II (PII1, PII2, PII3) (GRÁFICO 26) apontou diferença significativa no fator grupos $F(1, 38) = 39,110$, $p = 0,001$ sendo que o GS realizou mais correções do movimento durante as perturbações do que o GE ($p < 0,05$). Também houve diferença significativa no fator blocos $F(2, 76) = 3,5067$, $p = 0,03$. O *post hoc* detectou que menos correções foram realizadas em PII1 do que em PII3 ($p < 0,05$). Além disso, houve efeito significativo na interação entre grupos e blocos $F(2, 76) = 4,8276$, $p = 0,01$. O *post hoc* indicou que o GE realizou menos correções em PII1, PII2 e PII3 do que o GS em PII2 e PII3 ($p < 0,05$). Além disso, o GS realizou mais correções em PII3 do que em PII1 ($p < 0,05$).

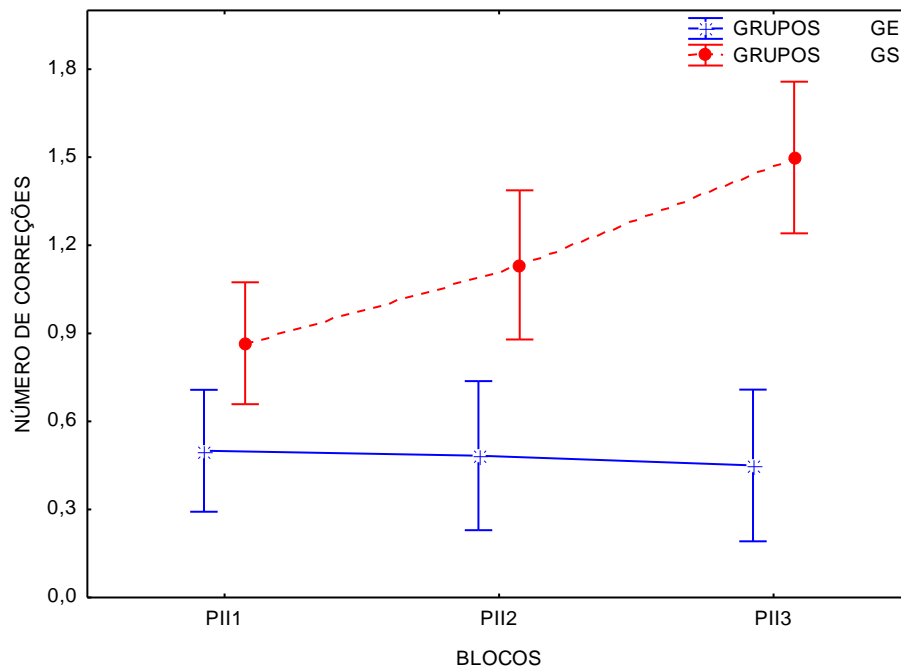


GRÁFICO 26: média do número de correções em PII1, PII2 e PII3 para os grupos GE e GS. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

5 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi investigar como indivíduos que se encontram em dois diferentes níveis de estabilização do desempenho se adaptam a perturbações perceptivas imprevisíveis inseridas após o movimento ter sido iniciado em uma tarefa de interceptação. Os dois níveis de estabilização do desempenho foram operacionalizados pela quantidade de vezes que houve a interceptação do alvo durante a pré-exposição, o que resultou em dois grupos, o GE e o GS. A manipulação da perturbação aconteceu através de mudanças na velocidade de deslocamento do alvo na exposição, que aconteceu em tentativas específicas e sempre após o movimento ter sido iniciado. Os resultados mostraram que o GS se adaptou melhor às perturbações do que o GE.

A primeira hipótese do estudo foi que o mecanismo de controle utilizado por ambos os grupos durante a fase de pré-exposição seria predominantemente a pré-programação. Os resultados encontrados confirmaram esta hipótese. Durante a primeira fase, a manipulação do critério de desempenho refletiu em diferença na quantidade de prática realizada por cada grupo. O GS praticou mais do que o GE, o que realmente resultou em dois diferentes níveis de estabilização do desempenho (FONSECA *et al.*, 2012; UGRINOWITSCH; TANI, 2005). Entretanto esta diferença não influenciou no desempenho nem na cinemática dos grupos quando não havia alteração na velocidade de deslocamento do alvo, já que seus comportamentos foram similares no início e no final desta fase. Mais especificamente, no último bloco da pré-exposição o desempenho dos grupos foi mais preciso (menor erro absoluto) e mais consistente (menor erro variável) do que no primeiro bloco, mas sem diferença entre ambos. Esta ausência de diferença era esperada, pois em tarefas de *timing* coincidente há uma estabilização do erro em torno de 30 ms (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Tani (1995) e Ugrinowitsh (2003) ainda destacam que a estabilização do desempenho resulta na padronização espaço-temporal da ação graças à formação de uma estrutura de controle. Este processo de padronização espaço-temporal se reflete no comportamento das medidas de desempenho.

Os diferentes níveis de estabilização do desempenho alcançados durante a pré-exposição também não influenciaram o tempo necessário para se alcançar o pico de velocidade (tPV%). Em tarefas de interceptação rápida a alvos móveis (inferiores a 500 ms), um comportamento comum observado é que, após aprenderem a tarefa, os sujeitos programam sua ação antes de iniciarem o movimento. Isso reflete no alcance do pico de velocidade no momento ou próximo ao momento da interceptação, ou seja, na porção final do movimento (SMEETS; BRENNER, 1995; TRESILIAN, 1995). Este comportamento foi observado tanto no GE quanto no GS, sendo o tPV% maior no último bloco da pré-exposição do que no primeiro, indicando que a estratégia de controle predominante utilizada pelos grupos foi a pré-programação. Assumindo que as características cinemáticas mudam a fim de atender às demandas da tarefa, Elliot *et al.*, (1999) destacam que a redução do tPV ocorre para que o indivíduo tenha tempo para usar a visão depois do pico e assim modular a desaceleração, ou ainda realizar ajustes, quando necessário. Como na primeira fase do experimento, as condições ambientais eram previsíveis, o que permitiu aprender a lidar com as demandas sem necessidade de corrigir os movimentos; exceto quando havia erro na programação. De acordo com Tani (1995), a realização de uma ação motora exige das pessoas mais do que desempenhar uma série de movimentos, é necessário também que elas sejam capazes de relacionar os movimentos a uma sequência de eventos que ocorrem no ambiente. Isso pode ser feito, primeiramente, a partir da estimativa correta dos intervalos de tempo, a fim de preparar a sequência de respostas quando o estímulo aparecer. Se as duas características são visíveis após um período de prática, pressupõe-se que uma estrutura de controle da ação foi formada, ou seja, há evidências de que a aprendizagem ocorreu. As análises realizadas (desempenho e cinemática) permitiram a visualização do comportamento descrito acima, pois ambos os grupos melhoraram o desempenho e o controle predominantemente via pré-programação. Isso indica que independente da manipulação do nível de estabilização do desempenho, a aprendizagem da tarefa ocorreu em GE e GS.

A prática possibilita a formação de uma estrutura central que direciona o controle para ser predominantemente via pré-programação quando movimentos rápidos são direcionados a alvos em situações previsíveis, e também aprender a utilizar o

feedback de maneira rápida e eficiente quando forem necessárias correções (PLAMONDON, 1995). No presente estudo, assume-se que a estrutura central foi formada durante a pré-exposição.

Quando uma estrutura de controle é aprendida espera-se que sua generalização ocorra diante de perturbações (RICHTER, *et al.*, 2004). No presente estudo, a adaptação pode ser explicada a partir da aquisição de uma estrutura de controle flexível, ou seja, generalizável. Além disso, como já descrito anteriormente, tarefas de interceptação realizadas em ambientes previsíveis são controladas predominantemente via pré-programação. Entretanto, como na segunda fase deste experimento as perturbações foram inseridas após o movimento ter iniciado, alcançar a meta da tarefa seria facilitada caso correções do movimento fossem realizadas, ou seja, a adaptação só aconteceria com a utilização do *feedback* corrente de maneira eficiente. A partir do exposto, assume-se que a ocorrência da adaptação só é possível graças a um modelo híbrido de controle, no qual tanto a pré-programação quanto o *feedback* sejam utilizados pelo sistema nervoso central. Neste contexto, os modelos de *forward* são particularmente interessantes uma vez que a atuação do *feedback* é essencial (DESMURGET; GRAFTON, 2000).

Apesar de diferenças entre os grupos não terem sido observadas durante a pré-exposição, estas se tornaram visíveis na exposição, quando os indivíduos se depararam com demandas na tarefa diferentes daquelas com as quais aprenderam a lidar durante a primeira fase. As diferenças entre os grupos, resultantes da primeira fase de formação de uma estrutura de controle, devem aparecer somente quando é exigida a capacidade de modificar (FONSECA *et al.*, 2012).

De acordo com a segunda hipótese deste estudo, o GS se adaptaria melhor às perturbações do que o GE. Esta hipótese foi postulada baseada no estudo de UGRINOWITSCH *et al.*, (2011), no qual o nível de estabilização resultou em diferentes velocidades de adaptação. A segunda hipótese deste estudo foi confirmada.

No primeiro bloco de análise da PI (PI1), a precisão do desempenho dos grupos diminuiu, mas foi retomada no bloco Pós PI1. Apesar de nenhum grupo ter se adaptado à PI1, o desempenho do GS foi mais preciso do que o do GE nos três blocos analisados (Pré PI1, PI1 e Pós PI1). Lussanet *et al.*, (2001) investigaram o controle de movimentos durante a interceptação de alvos virtuais que se deslocavam na tela de um computador em diferentes velocidades. Os resultados mostraram que durante a execução de movimentos rápidos de interceptação, a informação principal é a velocidade do alvo que se deslocava em tentativas prévias, e não a informação da velocidade do alvo no controle da tentativa atual. Resultados do estudo de Gray (2002) na batida do baseball também apontaram que os indivíduos se baseavam no movimento realizado na última tentativa para realizarem o balanço do taco na tentativa atual. Apesar de nenhum destes estudos ter manipulado a quantidade de prática realizada pelos voluntários, os resultados apresentados por eles podem ser extrapolados para a presente investigação. Provavelmente, no nosso experimento os grupos não conseguiram se adaptar às três primeiras PI porque os movimentos foram similares aos realizados nas tentativas controle. Esta hipótese foi baseada na ausência de modificações entre os blocos Pré PI1, PI1, e Pós PI1. Além disso, os dois grupos não modificaram o tPV, o que é mais um indicativo de que os grupos mantiveram o mesmo comportamento das tentativas prévias durante e após a perturbação. Estes resultados indicam que ambos os grupos planejaram seus movimentos fundamentados nas tentativas anteriores.

Outra hipótese é que os dois grupos não conseguiram se adaptar devido às características da perturbação: a imprevisibilidade. A dificuldade de adaptação a perturbações previsíveis é menor quando comparada às imprevisíveis (RICHTER *et al.*, 2004). Consequentemente, é possível até que os grupos tenham identificado as mudanças na velocidade do alvo, mas não conseguiram realizar os ajustes necessários para atingir a meta. Ainda assim, esperava-se pelo menos que o GS tivesse um melhor desempenho que o GE durante a perturbação (FONSECA *et al.*, 2012), o que de fato ocorreu nos três blocos analisados.

Mais especificamente, o desempenho do GS foi mais preciso e mais consistente nos blocos Pré PI, PI e Pós PI, do que o do GE. Parece que a estrutura de controle

formada durante a pré-exposição permitiu que o GS tivesse mais competência para utilizar o *feedback* na tentativa de corrigir o movimento planejado a partir daqueles realizados nas tentativas anteriores durante as perturbações. Como observado nos resultados, o número de correções feitas pelo GS foi superior ao feito pelo GE. Contudo, estas correções ainda não foram totalmente eficientes, por isso os sujeitos não conseguiram se adaptar (i.e., retomar o nível de desempenho prévio à inserção da perturbação).

No momento afirmar que o nível de estabilização do desempenho influencia na adaptação seria no mínimo uma ousadia, já que os dados apresentados representam o comportamento dos grupos apenas no início da exposição. Entretanto, pode-se afirmar que apesar de ainda não ter havido adaptação, a precisão e consistência do desempenho alcançado pelo GS frente às perturbações I permitem especular que o alcance de sucesso em uma tarefa em ambientes com mudanças imprevisíveis pode ser mais provável quando se alcança níveis superiores de estabilização. Contudo, se a fase de exposição for longa, existe a possibilidade de todos se adaptarem. Esta suposição vai ao encontro aos resultados de Fonseca (2009), no qual independente do nível de estabilização; pré-estabilização, estabilização ou superestabilização, o desempenho dos grupos no início da exposição (durante as primeiras perturbações) foi inferior ao alcançado com o decorrer da fase, quando se começa a perceber a influência do nível de estabilização de cada grupo na adaptação.

No segundo bloco da PI (PI2), o comportamento do GS foi mais preciso e menos variável do que o comportamento do GE. Mais especificamente, a precisão do desempenho do GS não modificou com a inserção da perturbação. Este comportamento permite dizer que o GS adaptou-se à PI2, mas o GE não, já que tanto a precisão quanto a consistência deste grupo foram afetadas pela PI2. Durante a perturbação o GS reduziu o tPV e combinou com um maior número de correções do que o apresentado pelo GE. Elliot *et al.*, (1991) ressaltam que uma estratégia que auxilia na correção dos movimentos está relacionada ao adiantamento do pico de velocidade. Quando os indivíduos agem desta maneira, como foi observado no comportamento do GS, eles se beneficiam de um tempo “extra” após o pico de

velocidade que é utilizado para realização de correções no final do movimento. A prática, assim como observado por Elliot *et al.*, (2005), possibilitou que o GS se tornasse mais competente do que o GE para processar o *feedback* de maneira mais rápida e eficiente, e conseqüentemente se adaptar às perturbações.

Ugrinowitsch *et al.*, (2011) e Fonseca *et al.*, (2012) observaram resultados semelhantes em uma tarefa complexa de *timing* coincidente. Nestes estudos a inserção da perturbação resultou em diminuição do tempo de movimento gasto entre componentes intermediários para sobrar mais tempo para o último componente, para realizar os ajustes necessários devido à mudança de velocidade do estímulo visual. No presente estudo, o erro gerado pelo GS durante o primeiro bloco da PI, provavelmente resultou em informações importantes que foram usadas para ajustar o *forward* (WOLPERT; FLANAGAN, 2001) e tornar o mecanismo de correção mais eficiente, o que beneficia o comportamento do grupo em uma situação futura (como neste caso, na PI2).

Outra explicação pode ser encontrada em Tani (1995). No seu estudo, os sujeitos que estabilizaram mais rapidamente começaram a antecipar suas ações. Esta antecipação pode ser entendida no comportamento do GS ao atingir o pico de velocidade antes do GE, pois esta medida indica melhor planejamento e a existência de uma estrutura de controle suficiente para ser modificada quando necessário. A capacidade de modificação do GS foi observada no maior número de correções realizado em relação ao GE.

No bloco PI3, apesar do GS aumentar a variabilidade durante a perturbação, ele teve precisão similar ao GE, que caiu com a perturbação e retornou no bloco Pós, ou seja, os grupos não se adaptaram a PI3. Uma possível explicação para esta similaridade de desempenho entre os grupos é a ordem de inserção das perturbações durante a segunda fase, pois haviam incertezas relacionadas tanto ao momento de aparecimento das perturbações, como também incerteza em relação ao tipo de perturbação que seriam expostos em cada momento (PI ou PII). Assim, a maior quantidade de prática do GS permitiu que ele mostrasse melhor capacidade de adaptação que o GE, mas a combinação dos dois tipos de perturbação inseridas

de forma não previsível para os sujeitos, parece ter levado o GS a optar por se adaptar à PII, que requeria a redução da velocidade de movimento (os resultados que suportam esta hipótese serão apresentados adiante). Talvez fosse necessária uma quantidade de prática ainda maior para o GS conseguir modificar a ação planejada quando a perturbação requeria um movimento mais rápido. A outra possibilidade é que devido à velocidade de execução requerida nesta tarefa, o aumento de velocidade levava a uma execução com velocidade próxima à máxima, o que não era cômodo devido à quantidade de prática na segunda fase.

Esta suposição mostra uma relação entre as tentativas controle e as com perturbação. O estudo de Neto e Teixeira (2011) também mostrou esta relação diante da imprevisibilidade quanto a possível redução ou não da velocidade de um estímulo luminoso, com uma piora do desempenho das tentativas controle em prol de buscar a adaptação à nova velocidade. No nosso estudo, assim como no de Fonseca *et al.*, (2012) os voluntários do GS não sacrificaram o desempenho das tentativas controle em prol das tentativas com perturbação. Entretanto, os resultados do presente estudo mostram que houve um sacrifício das tentativas com perturbação rápida (PI) em prol de melhor desempenho nas perturbações lentas (PII). Provavelmente, a diferença entre os estudos foi uma consequência do delineamento adotado, pois no estudo de Neto e Teixeira (2011) foi utilizada somente uma velocidade para a perturbação, o que permitia tentar antecipar a mudança do estímulo visual sacrificando as tentativas controle.

Outra possibilidade de explicação para o comportamento do GS frente à PI (não-adaptação em PI1, adaptação em PI2, não adaptação em PI3) foi apresentada por Scheidt *et al.*, (2001). De acordo com estes autores, ações realizadas em um passado próximo podem influenciar a execução de ações do presente. O delineamento da fase de exposição do nosso estudo pode ter permitido que informações a respeito das perturbações II que ficaram armazenadas na memória de curto prazo tenham influenciado o desempenho do GS no último bloco da PI. Entretanto parece que o nível de estabilização do desempenho alcançado por este grupo, por um lado, não o permitiu adquirir competência suficiente para responder com sucesso às demandas impostas pelas duas perturbações durante toda a fase.

Contudo, diferentemente do GE, após realização de tentativas de ambas as perturbações, o GS adquiriu competência suficiente para avaliar qual perturbação seria mais fácil ou mais difícil de adaptar e a partir daí se comprometer mais com uma do que com a outra. No geral, os resultados da PI e PII mostram que o nível superior de estabilização do desempenho prévio à inserção de perturbações imprevisíveis levou a melhor desempenho na adaptação, assim como à utilização de diferentes estratégias e confirmam a segunda hipótese do estudo.

Estudos prévios (Le RUNIGO *et al.*, 2005; TEIXEIRA *et al.*, 2006a) investigaram as correções *on line* nas dimensões temporais de movimentos de interceptação e constataram que a transição de movimentos lentos para movimentos rápidos foi implementada através de processos mais eficientes e precisos do que quando a transição a ser feita era de rápidos para lentos. Quando movimentos precisam ser acelerados, as ações corretivas se dão na mesma direção do movimento originalmente planejado e atualizado pelo *forward*, o que parece ser menos prejudicial para a ação motora que já se encontra em curso. Neste caso, a mesma estrutura do comando motor seria mantida por apenas aumentar a ativação dos músculos agonistas. Em situações nas quais a velocidade do alvo diminuiu, a desaceleração de um movimento já iniciado é implementada pela ativação de músculos antagonistas simultaneamente com a redução da ativação dos agonistas (MARINOVIC, *et al.*, 2009a).

Em situações de desaceleração, a competição entre inibição de respostas e processo de ativação resulta em uma modificação mais dramática na estrutura de controle motor do que frente a demandas de aceleração (NETO; TEIXEIRA, 2011). Parece que a competência adquirida pelo GS na pré-exposição permitiu compreender que desacelerar um movimento já em curso é mais difícil do que acelerar. Esta condição resultou em maior desafio e conseqüente comprometimento com a solução de PII (a partir da realização do primeiro bloco de PI e PII) através do planejamento dos movimentos ao longo da fase, direcionado à menor velocidade do alvo. Neste caso, o bom desempenho do grupo frente às tentativas controle se deu a partir do uso do *feedback* (a análise do número de correções durante as tentativas controle será feita futuramente). Além do mais como a velocidade das tentativas

controle era superior à da PII, o GS as conseguia corrigir (vide bloco PI2). Por estes motivos, após o GS ter experimentado as três situações da exposição durante algumas tentativas, poder-se-ia especular que este grupo avaliou que para lidar com as maiores demandas impostas pela PII do que pela PI, a melhor opção seria se comprometer mais com a solução das situações mais difíceis. Esta opção resultou em deterioração do desempenho em PI3. A fundamentação para tal suposição está no comportamento apresentado pelo GS em PI3 tanto no que diz respeito ao desempenho como já citado anteriormente, tanto para o que diz respeito ao tPV, já que nenhum indício de mudança de estratégia de controle foi encontrado neste bloco. Esperava-se que para adaptar a tal perturbação seria necessário adiantar o pico de velocidade e realizar correções ao final do movimento, como feito por este grupo em PI2. Contudo, esta modificação não ocorreu no bloco PI3.

O GE por sua vez, parece não ter adquirido competência suficiente durante a pré-exposição para utilizar o *feedback* e corrigir seus movimentos durante toda a fase de exposição. Mesmo diante das perturbações, este grupo apresentou comportamento semelhante às tentativas controle, ou seja, confiou nos movimentos das tentativas sem perturbação para planejar os movimentos frente às perturbações (LUSSANET *et al.*, 2001). Mais ainda, o nível de estabilidade deste grupo não foi suficiente para identificar o nível de dificuldade de cada tipo de perturbação (como feito pelo GS), e comprometer-se mais com uma ou outra perturbação. O desempenho do GS frente à PI corrobora os resultados apresentados por Ugrinowitsch *et al.*, 2011 e Fonseca *et al.*, 2012 que apontaram benefícios da maior quantidade de prática na competência dos indivíduos para se adaptarem.

Quando a perturbação lenta foi inserida pela primeira vez (PII1), a precisão do desempenho dos grupos diminuiu, mas foi retomada no bloco Pós PII1. Contudo, o desempenho do GS foi mais preciso e consistente do que o do GE. Este comportamento é semelhante ao apresentado pelos grupos frente à PI1, o que nos leva a supor que a mesma estratégia de controle utilizada tanto pelo GE quanto pelo GS frente à PI1 foi empregada diante da PII1, ou seja, os indivíduos confiaram nas velocidades dos alvos das tentativas anteriores para programarem seus movimentos e quando a perturbação foi inserida, não foram capazes de utilizar o *feedback* para

corrigirem o movimento já iniciado. Assim como em PI1, os grupos não modificaram o momento do alcance do pico de velocidade diante da perturbação, indicando também manutenção do comportamento prévio diante de PII1. Desta forma, é possível dizer que o nível superior de estabilização atingido na fase anterior levou os grupos utilizarem estratégias semelhantes, diferindo dos resultados de Ugrinowitsch *et al.*, (2011) e Fonseca *et al.*, (2012). Contudo, ainda assim o GS conseguiu ser mais eficiente na utilização das estratégias.

O comportamento dos grupos nos blocos PII2 e PII3 foi semelhante. As análises realizadas permitiram concluir que o GS adaptou-se à PII, durante o segundo e o terceiro bloco, mantendo a mesma precisão e consistência do desempenho prévio à inserção da perturbação quando diante de PII2 e PII3. Além disso, o GS reduziu o tempo para alcançar o pico de velocidade quando foi perturbado nos dois últimos blocos de PII e realizou mais correções dos movimentos durante as perturbações do que o GE. Em contrapartida, o GE não foi capaz de realizar mudanças para se adaptar nestes blocos, assim como não foi em nenhum bloco da PI e nem em PII1, pois a precisão do desempenho do GE reduziu frente à PII2 e PII3. Também não houve mudança do tempo para o GE alcançar o pico de velocidade. Apesar de ter realizado correções diante de perturbações, a quantidade destas correções realizadas não foi suficiente para permitir que o grupo se adaptasse. Além disso, tais correções podem não ter sido eficientes.

A terceira hipótese deste estudo também foi aceita. A adaptação do GS se deu graças à utilização predominante de *feedback* para a correção dos movimentos já iniciados durante a exposição às perturbações.

No geral, os resultados apresentados indicaram que alcançar a superestabilização do desempenho não é suficiente para a situação experimental testada. A superestabilização do desempenho permite inferir a formação de uma estrutura de controle flexível, que pode ser generalizada em contextos nos quais mudanças imprevisíveis são inseridas. A utilização dos mecanismos de *feedback* responsáveis por “alimentar” esta estrutura na busca de soluções de problemas motores que demandam alta precisão temporal permite que os seres humanos modifiquem um

movimento já iniciado diante de mudanças ambientais imprevisíveis e alcancem a meta da tarefa. Entretanto, menores quantidades de prática não garantem tal generalização, pois a aprendizagem relacionada à utilização precisa e eficiente do *feedback* e a calibração do comando motor não pode ser alcançada quando os indivíduos têm menos oportunidades de participarem do processo de solução de problemas motores, ou seja, quando praticam menos.

6 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que o nível de estabilização do desempenho influencia na adaptação a perturbações perceptivas imprevisíveis inseridas após o início do movimento. Alcançar o nível de superestabilização do desempenho facilita a adaptação através do controle predominantemente via *feedback* o que não foi possível quando alcançado somente o nível de estabilização do desempenho.

REFERÊNCIAS

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.. Sobre a natureza da aprendizagem motora: mudança e estabilidade... e mudança. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 20, p. 43-45, sup. 5, 2006.

BERNIKER, M.; KORDING, K.. Estimating the sources of motor errors for adaptation and generalization. **Nature Neuroscience**, v. 11, n. 12, p. 1454-1461, 2008.

BREEN, J. L.. What makes a good hitter? **Journal of Health, Physical Education and Recreation**, v. 38, p. 36-39, 1967.

BRENNER, E.; SMEETS, J. B. J.. Moving one's finger to a visually specified position: target orientation influences the finger's path. **Experimental Brain Research**, v. 105, n. 2, p. 318-320, 1995.

BRENNER, E.; SMEETS, J. B. J.. Hitting moving targets: Co-operative control of 'when' and 'where'. **Human Movement Science**, v. 15, p. 39-53, 1996.

BRENNER, E.; SMEETS, J. B. J.. Flexibility in intercepting moving objects. **Journal of Vision**, v. 7, n. 5, p. 1-17, 2007.

BRENNER, E.; SMEETS, J. B. J.; LUSSANET, M. H. E.. Hitting moving targets: continuous control of the acceleration of the hand on the basis of the target's velocity. **Experimental Brain Research**, v. 122, p. 467-474, 1998.

BROWER, A. M.; BRENNER, E.; SMEETS, J. B. J.. Hitting moving objects: The dependency of hand velocity on the speed of the target. **Experimental Brain Research**, v. 133, p. 242-248, 2000.

BURDET, E.; *et al.*. Stability and motor adaptation in human arm movements. **Biological Cybernetics**, v. 94, p. 20-32, 2006.

CALJOUW, S. R.; VAN DER KAMP, J.; SALVESBERGH, G. J. P.. Catching optical information for the regulation of timing. **Experimental Brain Research**, v. 155, p. 427-438, 2004a.

CALJOUW, S. R.; VAN DER KAMP, J.; SALVESBERGH, G. J. P.. Timing of goal-directed hitting: impact requirements change the information-movement coupling. **Experimental Brain Research**, v. 155, p. 135-144, 2004b.

CALJOUW, S. R.; VAN DER KAMP, J.; SALVESBERGH, G. J. P.. Bi-phasic hitting with constraints on impact velocity and temporal precision. **Human Movement Science**, v. 24, p. 206-217, 2005.

CALJOUW, S. R.; VAN DER KAMP, J.; SALVESBERGH, G. J. P.. The impact of task-constraints on the planning and control of interceptative hitting movements. **Neuroscience Letters**, v. 392, p. 84-89, 2006.

CAMINHA, L. Q.; NETO, R. M. A.; TEIXEIRA, L. A.. Uso de visão periférica na interceptação de alvos móveis. **Motriz**, Rio Claro, v. 16, n. 4, p. 858-868, 2010.

CIZEK P.. Internal Models. In **Encyclopedia of Neuroscience**, Springer, p. 2009-2012, 2004.

CUNNINGHAM, D. W.; *et al.*. Driving in the future, temporal visuomotor adaptation and generalization. **Journal Vision**, v. 1, n. 2 p. 88-98, 2001.

DE LUSSANET, M. H.; SMEETS, J. B.; BRENNER, E.. The effect of expectations on hitting moving targets: influence of the preceding target' s speed. **Experimental Brains Research**, v. 137, p. 246 – 248

DESMURT, M.; GRAFTON, S.. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n. 11, p. 423-431, 2000.

DOYON, J.; PENHUNE, V.; UNGERLEIDER, L. G.. Distinct contribution of the cortico- striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. **Neuropsychologia**, v. 41, p. 252-262, 2003.

ELLIOT, D.; ZUBEREC, S.; MILGRAM, P.. The effects of periodic occlusion on ball catching. **Journal of Motor Behavior**, v. 26, p. 113-122, 1994.

ELLIOT, D.; HELSEN W. F. ROMEO, C.. A century later: Woodworth's (1899) two-component model of goal-directed aiming. **Psychological Bulletin**, v. 127, n. 3, p. 342 – 357, 2001.

FIALHO, J. V. A.. **A prática constante-aleatória: efeitos da manipulação do aspecto da habilidade e o tipo de perturbação no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2007. 265 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FONSECA, F. S.. **Os efeitos do nível de estabilização do desempenho na adaptação a perturbações perceptivas imprevisíveis**. 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2009.

FONSECA, F. S.; *et al.*. Extensive practice improves adaptation to unpredictable perturbations in a sequential coincident timing task. **Neuroscience Letters**, v. 517, p. 123-127, 2012.

FREUDEINHEIN, A.; MANOEL, E. J.. Organização hierárquica e a organização de um programa de ação: um estudo exploratório. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 13, p. 177-196, 1999.

GEERT, J. P.; SALVESBERGH; VAN DER KAMP J.. Adaptation in the timing of catching under changing environmental constraints. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 71, n. 2, p. 195-200, 2000.

GRAY, R.. Behaviour of colleague baseball players in a virtual batting task. **Journal Experimental Psychology Human Percept Performance**, n. 28, p. 1131 – 1148, 2002.

HAY, J. G.. *Biomechanics of sports techniques* 3rd edn. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1985. *apud*: TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A. M.; CARROL, T. J.. Constrains on spatiotemporal accuracy of interceptive action: effects of target size on hitting a moving target. **Experimental Brain Research**, v. 155, p. 509-526, 2004.

HOLLAND, J. H.. **Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity**. Canadá, Helix books, 1996.

IZAWA, J.; RANE, T.; DONCHIN, O.; SHADMEHR, R.. Motor adaptation as a process of reoptimization. **Journal of Neuroscience**, v. 28, n. 11, p. 2883-2891, 2008.

KARNIEL, A.; MUSSA-IVALDI, F. A.. Does the motor control system use multiple models and context switching to cope with a variable environment? **Experimental Brain Research**, v. 143, n. 4, p. 520-524, 2002.

KAWATO, M.. Internal models for motor control and trajectory planning. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 9, n. 1, p. 718-727, 1999.

KHAN, M. A.; *et al.*. Inferring online an offline processing of visual feedback in target-directed movements from kinematic data. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 30, p. 1106-1121, 2006.

KRAKAUER, J. W.. Motor Learning and consolidation: the case of visuomotor rotation. **Progress in Motor Control**. D.Sternad, p. 405-421, 2009.

LE RUNIGO, C.; BENGUIGUI, N., BARDY B.G.. Perception-action coupling and expertise in interceptative actions. **Human Movement Science**, v. 24, n. 3, p. 425 – 445, 2005.

LOSCHIAVO, F. Q.. **Relações entre a adaptação a perturbações previsíveis e imprevisíveis e as funções executivas**. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

MAGILL R. A.. **Aprendizagem motora: conceitos e aplicações**. 5.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

MARINOVIC, W., PLOOY, A. M. TRESILAIN, J. R.. Preparation and inhibition of interceptative actions. **Experimental brains Research**, v. 197, p. 311 – 319, 2009a.

MARINOVIC, W.; PLOOY, A. M.; TRESILIAN, J. R.. The utilization of visual information in the control of rapid interceptative actions. **Experimental Psychology**, v. 56, n.4, p. 265-273, 2009b.

MARINOVIC, W.; PLOOY, A. M.; TRESILIAN, J. R.. The effect of priming on interceptative actions. **Acta Psychologica**, v. 135, p. 30-37, 2010.

MARINOVIC, W.; WALLIS, G.. Visual attention affects temporal estimation in anticipatory motor actions. **Experimental Brain Research**, v. 212, p. 613-621, 2011.

MARINOVIC, W.; REID, C.S.; PLOOY, A.M.; RIEK, S. TRESILIAN, J.R. Corticospinal excitability during preparation for an anticipatory action is modulated by the availability of visual information. **J Neurophysiology**, v. 105, p. 1122-1129, 2011..

NETO, R. M. A.; TEIXEIRA, L. A.. Control of interceptative actions is based on expectancy of time to target arrival. **Experimental Brain Research**, v. 199, p. 135-143, 2009.

NETO, R. M. A.; TEIXEIRA, L. A.. Intercepting moving targets: does memory from practice in a specific condition of target displacement affect movement timing? **Experimental Brain Research**, v. 211, p. 109-117, 2011.

NEWELL, K. M.. The speed-accuracy paradox in movement control: Errors of time and space, 1980. In: TRESILIAN, J. R. Hitting a moving target: Perception and action in the timing of rapid interceptions. **Perception & Psychophysics**, v. 67, n. 1, p. 129 – 149, 2005.

PROFETA, V. L. S.. **Nível de estabilização na resposta a perturbações imprevisíveis: efeitos sobre o feedback corrente e o feedforward**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte). Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

PLAMONDON, R. A.. Kinematic theory of rapid human movements. Part I. Movement representation and generation. **Biological Cybernetic**, v. 72, n. 4, p. 295-307, 1995.

RICHTER, S.; *et al.*. Motor adaptation to different dynamic environments is facilitated by indicative context stimuli. **Psychological Research**, v. 68, p. 245-251, 2004.

RICHTER, S.; *et al.*. Adaptive motor behavior of cerebellar patients during exposure to unfamiliar external forces. **Journal of Motor Behavior**, v. 36, n. 1, p. 28 – 38, 2004.

RIEGER, M.; KNOBLICH, G.; PRINZ, W..Compensatioos for and adaptation to changes in the enviroment. **Experimental Brain Research**, v. 163, n. 4, p. 487-502, 2005.

RUGY, A.; MARINOVIC, W.; WALLIS G.. Neural prediction of complex acceleration for objects interception. **Journal Neurophysiol**, v. 107, n. 766, p. 766 – 721, 2012.

SAMPAIO, I. B. M.. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 3.ed. Belo Horizonte, FEPMVZ- Editora, 2007.

SCHEIDT, R. A.; DINGWELL, J. B.; MUSSA-IVALDI, F. A.. Learning to move amid uncertainty. **Journal of Neurophysiology**, v. 86, n. 2, p. 971-985, 2001.

SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. A.. **Aprendizagem e performance motora: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema**. Porto Alegre. Artmed, 2001.

SMEETS, J. B. J.; BRENNER, E.. Perception and action are based on the same visual information: Distinction between position and velocity. **Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance**, v. 21, p. 19-31, 1995.

TANI, G.. Organização hierárquica do comportamento motor humano. Sheffield: Department of Psychology/University of Sheffield, 1995. (Technical report).

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.

TEIXEIRA, L. A.; *et al.*. Reprogramming of interceptive actions: time course of temporal corrections for unexpected target velocity change. **Journal of Motor Behavior**, v. 38, n. 6, p. 467-477, 2006a.

TEIXEIRA, L. A.; *et al.*. Use of visual information in the correction of interceptive actions. **Experimental Brain Research**, v. 175, p. 758-763, 2006b.

TRESILIAN, J. R.; LONERGAN, A.. Intercepting a moving target: effects of temporal precision constraints and movement amplitude. **Experimental Brain Research**, v. 142, p. 193-207, 2002.

TRESILIAN, J. R.; OLIVER, J.; CARROL, T. J.. Temporal precision of interceptive action: differential effects of target size and speed. **Experimental Brain Research**, v. 148, p. 425-438, 2003.

TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A. M.; CARROL, T. J.. Constrains on spatiotemporal accuracy of interceptive action: effects of target size on hitting a moving target. **Experimental Brain Research**, v. 155, p. 509-526, 2004.

TRESILIAN, J. R.. Hitting a moving target: perception and action in the timing of rapid interceptions. **Perception & Psychophysics**, v. 67, n. 1, p. 129 – 149, 2005.

TRESILIAN, J. R.; HOUSEMAN, J. H.. Systematic variation in performance of an interceptive action with changes in the temporal constraints. **Journal of Experimental Psychology**, v. 58 A, n. 3, p. 447-466, 2005.

TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A.. Systematic changes in the duration and precision of interception in response to variation of amplitude and effector size. **Experimental Brain Research**, v. 171, p. 421-435, 2006a.

TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A.. Effects of acoustic startle stimuli on interceptive action. **Neuroscience**, v. 142, p. 579-594, 2006b.

TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A.; MARINOVIC, W.. Manual interception of moving targets in two dimensions: Performance and space-time accuracy. **Experimental Brain Research**, v. 1250, p. 202-217, 2009.

UGRINOWITSCH, H.. **Efeito do nível de estabilização do desempenho e do tipo de perturbação no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2003. 319 f. Tese (Doutorado em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

UGRINOWITSCH, H; TANI, G.. Perceptive perturbation in difference levels of performance's stabilization and adaptative process in motor learning. **The FIEP Bulletin**, v. 74, p. 38-41, 2004.

UGRINOWITSCH, H.; TANI, G. Efeitos do tipo de perturbação e do nível de estabilização no processo adaptativo em aprendizagem motora. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p . 162-172, 2005.

UGRINOWITSCH, H.; CORRÊA, U.C.; TANI, G.. Perturbação perceptiva e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Brazilian Journal of Physical Education and Sport**, v. 19, p. 277-284, 2005.

UGRINOWITSCH, *et al.*. Adaptação e aumento de complexidade no sistema motor. In: **XII Congresso de Ciências do Desporto e Educação Física dos Países de Língua Portuguesa**. Porto Alegre, 2008.

UGRINOWITSCH, H.; *et al.*. Effects of perceptive perturbation and level of stabilization in motor learning adaptability. **International Journal of Sport Psychology**, v. 41, p. 112-114, 2010.

UGRINOWITCSH, H.; *et al.*. Motor skill adaptation depends on the level of learning. **International Journal of Human and Social Sciences**, v. 6, p. 177-181, 2011.

ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S.. Learning and transfer as paradigms for behavioral change. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), **Tutorials in Motor Behavior II**. Amsterdam: North-Holland, p. 121– 133, 1992.

WOLPERT, D. M.; KAWATO, M.. Multiple paired forward and inverse models for motor control. **Neural Networks**, v. 11, p. 1317-1329, 1998.

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

APÊNDICE A

Termo de consentimento livre e esclarecido

Pesquisa: “ADAPTAÇÃO EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO DESEMPENHO”.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Via do Voluntário

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. HERBERT UGRINOWITSCH e pela mestrandia CRISLAINE RANGEL COUTO. O objetivo deste estudo é investigar como acontece a adaptação em função do nível de estabilização do desempenho em uma tarefa de interceptação. Como participante voluntário, você tem todo direito de recusar sua participação ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa **caso não se sinta à vontade durante os procedimentos experimentais**, sem penalização alguma e sem prejuízo à sua pessoa.

A coleta de dados será realizada NA SALA DE COLETA DE DADOS IEAT NA ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL DA UFMG. A duração será de aproximadamente 60 min, e você será sempre acompanhado por um dos responsáveis pela pesquisa. No período da coleta, você deverá MOVIMENTAR UMA CANETA SOBRE UMA MESA TENTANDO INTERCEPTAR UM ALVO VIRTUAL QUE SE DESLOCARÁ EM UMA PAREDE À SUA FRENTE. Todos os seus dados pessoais serão confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso aos seus dados, sendo que estas informações só serão utilizadas para fins de pesquisa.

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. HERBERT UGRINOWITSCH, pelo telefone (0xx31) 3409-2393, ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG), pelo telefone (0xx31) 3409-4592 ou pelo endereço Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II – 2º andar, sala: 2005 31270-901 – BH – MG.

Eu _____, voluntário, tive minhas dúvidas respondidas e aceito participar desta pesquisa. Portanto, concordo com tudo que foi acima citado e livremente dou o meu consentimento.

Belo Horizonte, de de 2012.

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE B

Piloto 1

Objetivo:

Verificar o comportamento dos voluntários na tarefa e funcionamento do programa.

Método:

Amostra: participaram deste piloto, três voluntários destros, 22, 24 e 27 anos de idade, sem experiência na tarefa.

Tarefa: realizar a interceptação de um alvo virtual móvel. A velocidade de deslocamento do alvo e espaço (cm) percorrido tanto pelo alvo quanto pelo efetor foram definidos baseados na literatura de Tresilian e Plooy (2006a) e Marinovic, Plooy e Tresilian (2009).

Instrumentos: um computador, um datashow, uma mesa digitalizadora e uma caneta digital.

Procedimentos: Os voluntários foram recrutados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG pelos experimentadores. Em seguida foram encaminhados à sala de coletas. Após receberem instrução verbal (ANEXO 1) a respeito dos objetivos e execução da tarefa, os voluntários se posicionaram sentados em uma cadeira e o experimento teve início.

Delineamento: Este piloto consistiu de uma única fase sem inserção de perturbações. Todos os sujeitos praticaram a tarefa de interceptação a um alvo virtual projetado na parede pelo datashow que estava conectado a um computador contendo o programa da tarefa de interceptação (TVI). Este alvo deslocava-se a 145 cm/s, ao longo de 213 cm perpendicularmente à posição do voluntário que estava sentado em uma cadeira ao lado de uma mesa de madeira. Sobre esta havia uma mesa digitalizadora conectada a um computador com o programa responsável por gerar a tarefa. O voluntário deveria mover uma caneta com dispositivo *wireless* ao

longo de 27,7 cm da mesa digitalizadora, realizando um movimento de flexão de ombro e extensão do cotovelo. O movimento da caneta resultava em movimento do efector virtual que deveria interceptar o alvo em local pré-determinado (zona de interceptação). Esta fase do experimento teve fim quando os voluntários conseguiam interceptar o alvo três vezes consecutivas.

Resultados e Conclusão: Duas questões chamaram nossa atenção (pesquisadores) durante este piloto. A primeira foi o número de questionamentos que os três voluntários faziam a respeito da tarefa durante o experimento. O principal problema foi que estes questionamentos eram feitos enquanto realizavam a tentativa, o que resultou em perda de vários dados. A segunda diz respeito aos valores dos TMs alcançados (GRÁFICO A). Tresilian (2005) destaca que ações de interceptação manual tipicamente são executadas com TMs rápidos, menores que 500 ms. Como pode ser observado no gráfico A, nossos voluntários realizavam seus movimentos lentamente, levando em consideração que o espaço que o efector percorria era de 27,7 cm.

A partir dos resultados concluímos que na instrução verbal deveria conter a expressão: “faça o movimento o mais rápido possível” e que para solucionar o problema das dúvidas, durante o experimento, caso o voluntário não compreendesse bem a tarefa, ele poderia após finalizar a tentativa, colocar o efector na posição de repouso e somente assim fazer pergunta. O segundo piloto foi realizado com o objetivo de testar a nova instrução verbal e o momento de realização dos questionamentos.

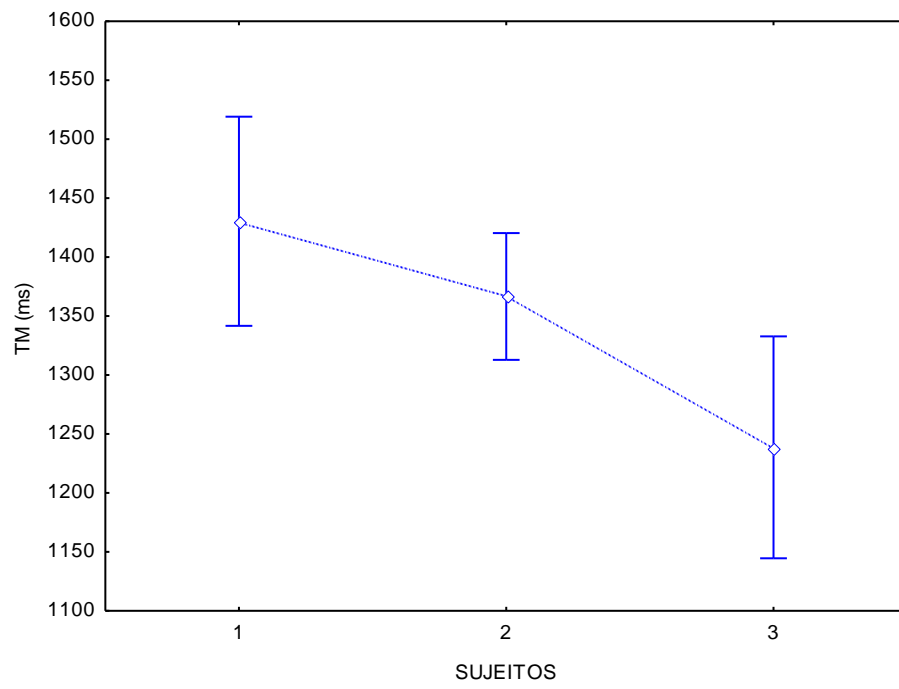


GRÁFICO A: TMs alcançados pelos sujeitos na realização da interceptação.

APÊNDICE C

Piloto 2

Objetivo: Testar a nova instrução verbal contendo a expressão: “faça o movimento o mais rápido possível” e a orientação a respeito do momento para esclarecimento das dúvidas.

Método:

Amostra: participaram deste piloto, três voluntários destros, 22, 22 e 21 anos de idade, sem experiência na tarefa.

Tarefa: a tarefa é mesma descrita no piloto 1.

Instrumentos: mesmos instrumentos do piloto 1.

Procedimentos: mesmos procedimentos descritos no piloto 1. A instrução verbal utilizada neste piloto encontra-se no anexo 2.

Delineamento: mesmo delineamento do piloto 1.

Resultados e Conclusão: A inserção da expressão “faça o mais rápido possível” levou os voluntários a realizarem os movimentos tão rápidos (GRÁFICO B) que se tornou impossível terem tempos suficientes para correções, como será necessário na fase de exposição durante as perturbações. Por outro lado, a orientação a respeito do momento para esclarecimento das dúvidas poder ser somente após o fim da tentativa resultou em menos perdas de dados, mesmo assim dados ainda foram perdidos, pois em alguns momentos os voluntários se esqueciam de finalizar a tentativa para fazer o questionamento .

A partir dos resultados apresentados, concluímos (pesquisadores) que uma opção para solucionarmos o problema do TM seria a realização de uma familiarização e

utilização da instrução verbal dizendo com a expressão “você deverá fazer um movimento rápido”.

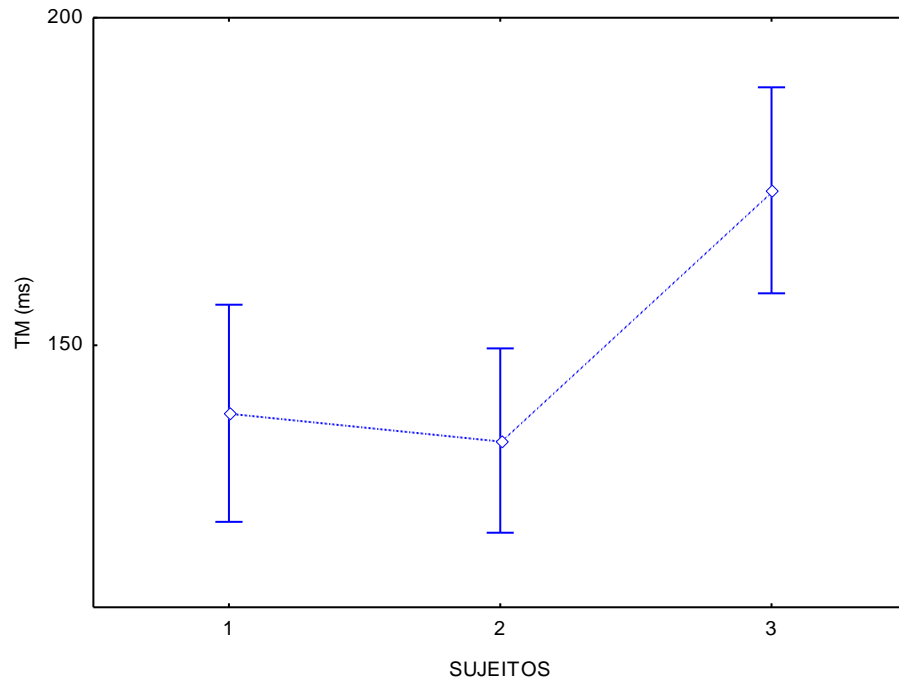


GRÁFICO B: TMs alcançados pelos sujeitos na realização da interceptação.

APÊNDICE D

Piloto 3

Objetivo: Testar a familiarização antes da pré-exposição.

Método

Tarefa: a tarefa é mesma descrita no piloto 1.

Instrumentos: mesmos instrumentos do piloto 1.

Procedimentos: mesmos procedimentos descritos no piloto 1. Instrução verbal deste piloto encontra-se no anexo 3.

Delineamento: Este piloto consistiu-se de duas fases, familiarização, seguida pela fase de pré-exposição. Todos os sujeitos realizaram cinco tentativas de familiarização seguidas pela pré-exposição. Durante a familiarização os voluntários recebiam conhecimento de resultado (CR) a respeito dos seus TMs. O delineamento da pré-exposição foi o mesmo utilizado no piloto 1.

O CR durante a familiarização foi qualitativo e fornecido como descrito abaixo:

- TMs abaixo de 180 ms: “seu movimento foi muito rápido!”.
- TMs entre 180 e 199 ms: “seu movimento foi rápido!”.
- TMs entre 200 e 250 ms: “bom tempo de movimento!”.
- TMs entre 251 e 270 ms: “seu movimento foi lento!”.
- TMs acima de 271 ms: “seu movimento foi muito lento!”.

Resultados e conclusão:

O gráfico C apresenta os valores dos TMs de três sujeitos nas cinco tentativas de familiarização. Como pode ser observado no gráfico, os três voluntários apresentaram TMs elevados principalmente durante as tentativas 1 e 2 e em seguida aumentaram as velocidades de movimento alcançando valores menores entre 200 e 400 ms, esta redução se deu provavelmente em virtude do uso do CR das tentativas anteriores. O objetivo é que durante a pré-exposição e exposição os sujeitos mantenham seus TMs com durações entre 200 e 250 ms.

Como pode ser observado no gráfico D, o problema do TM não foi solucionado com a inserção da familiarização antes da pré-exposição. O sujeito 1 apresentou valor médio significativamente superior aos valores alcançados pelos sujeitos 2 e 3 $F(2, 69) = 14,799$, $p = 0,00$. Além disso, os valores dos TMs do sujeito 1 são superiores aos valores estipulados para este experimento (200 a 250 ms). Os valores apresentados pelo sujeito 2 variavam de ± 150 a 380 ms, e os apresentados pelo sujeito 3 variavam entre ± 170 a 350 ms; ou seja, ambos os sujeitos apresentaram TMs fora da faixa objetivada neste estudo (200 a 250 ms).

Em relação aos pilotos anteriores, a realização da familiarização neste piloto possibilitou que os sujeitos compreendessem melhor a tarefa antes de iniciarem a fase experimental (pré-exposição). Muitos questionamentos eram feitos durante a familiarização e alguns durante a pré-exposição. Os pesquisadores concluíram que as informações a respeito da tarefa ainda não tinham sido transmitidas de forma a resultar em melhor compreensão por parte dos voluntários, provavelmente a instrução verbal estava longa (ANEXO 3) e os voluntários não eram capazes de armazenar todas as informações, além disso, pareciam ter dificuldades para compreender a sincronização entre movimento da caneta e ambiente virtual. Na pré-exposição surgiam dúvidas relacionadas, por exemplo, a sincronia entre caneta (efetor que o voluntário segurava) e efetor virtual (retângulo verde projetado na parede e controlado pelo voluntário através da caneta). A fim de solucionar tais problemas foi realizado o piloto 4.

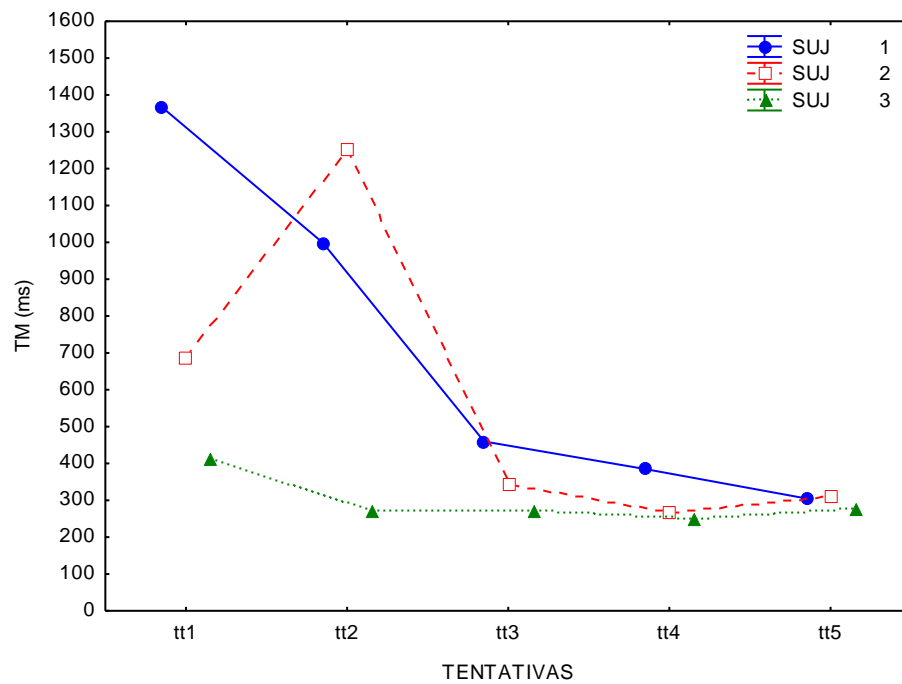


GRÁFICO C: TMs alcançados pelos sujeitos na realização da interceptação durante a familiarização.

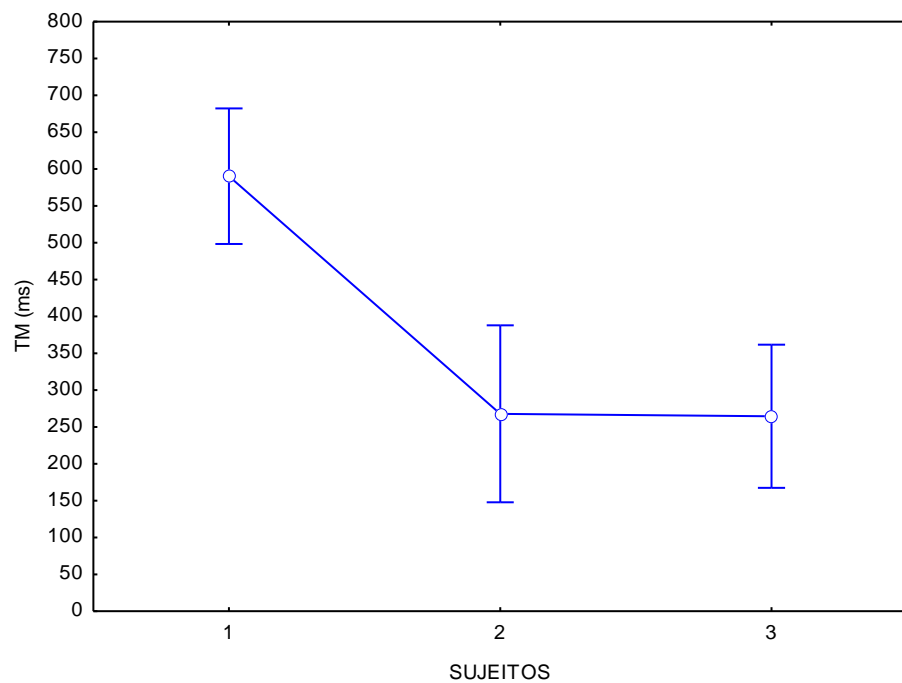


GRÁFICO D: TMs alcançados pelos sujeitos na realização da interceptação durante a pré-exposição.

APÊNDICE E

Piloto 4

Objetivo: testar a eficácia da demonstração e instrução verbal reduzida antes da pré-exposição na compreensão da tarefa e alcance no nível de estabilização do desempenho. Testar também a inserção de conhecimento de resultado dos TMs alcançados.

Método

Amostra: participaram deste piloto, três voluntários destros, 22, 24 e 27 anos de idade, sem experiência na tarefa.

Tarefa: a tarefa é mesma descrita no piloto 1.

Instrumentos: mesmos instrumentos do piloto 1.

Procedimentos: Os voluntários foram recrutados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG pelos experimentadores. Em seguida foram encaminhados à sala de coletas, após receberem cinco demonstrações e instrução verbal da tarefa (ANEXO 4), se posicionaram sentados em uma cadeira e o experimento teve início. Após finalização de cada tentativa os sujeitos recebiam conhecimento de resultado (CR) verbal qualitativo do seu TM com relação à meta estabelecida (200 a 250 ms).

Delineamento: o delineamento deste piloto foi similar ao descrito no piloto 1. Entretanto, neste piloto, diferentemente do 1, após chegarem na sala e se acomodarem sentados em uma cadeira os voluntários receberam cinco demonstrações da tarefa, seguida por uma breve instrução verbal

Todos os sujeitos praticaram até realizarem três interceptações consecutivas corretas. Após cada tentativa, o voluntário recebia o CR da seguinte maneira:

- TMs abaixo de 180 ms: “seu movimento foi muito rápido!”.
- TMs entre 180 e 199 ms: “seu movimento foi rápido!”.
- TMs entre 200 e 250 ms: “bom tempo de movimento!”.
- TMs entre 251 e 270 ms: “seu movimento foi lento!”.
- TMs acima de 271 ms: “seu movimento foi muito lento!”.

Resultados e conclusão: Em relação aos TMs, como pode ser visualizado no gráfico E, os sujeitos realizaram os movimentos dentro, ou com valores bem próximos aos estabelecidos no presente experimento (200 a 250 ms).

Praticamente nenhuma dúvida foi apresentada durante a pré-exposição, o que significa que a demonstração e instrução verbal reduzida foram uma estratégia eficiente na transmissão das informações relevantes para a execução da tarefa.

Em relação à quantidade de tentativas necessárias para se alcançar a estabilização do desempenho, os três sujeitos realizaram menos que 200 este valor foi estabelecido previamente como sendo o número máximo de tentativas aceitáveis para se alcançar a estabilização do desempenho e foi utilizado no estudo de Fonseca *et al.*, (2012). Os sujeitos 1 e 3 realizaram cinquenta e uma tentativas e o sujeito 2 dezoito.

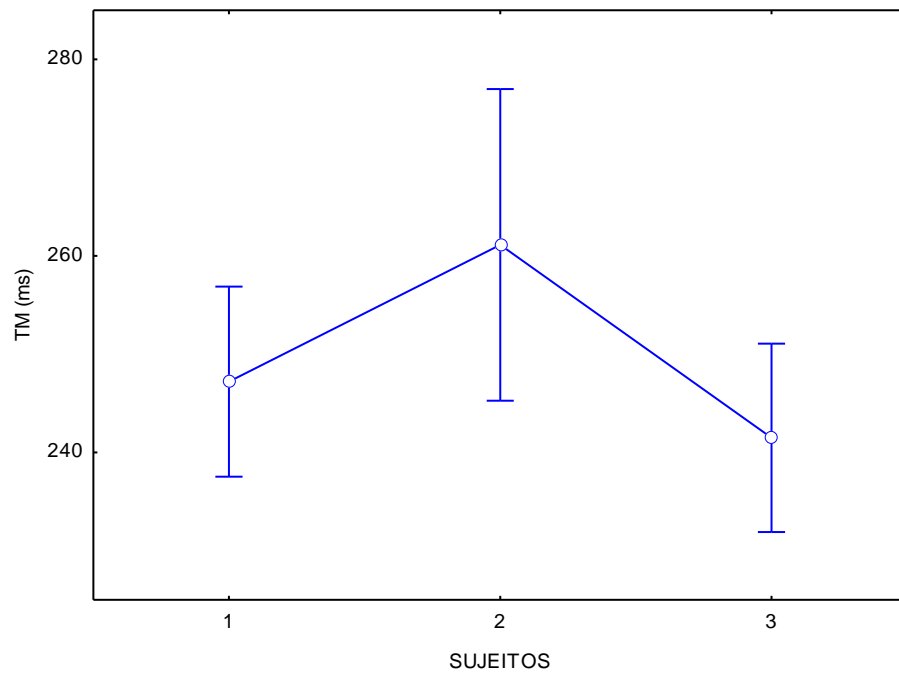


GRÁFICO E: TMs alcançados pelos sujeitos na realização da interceptação durante a pré-exposição.

APÊNDICE F

Piloto 5

Objetivo: testar se as mudanças na velocidade do alvo resultavam em mudança no comportamento (desempenho ou cinemática).

Método

Amostra: participaram deste piloto, três voluntários destros, 21, 22 e 31 anos, sem experiência na tarefa.

Tarefa: a tarefa é mesma descrita no piloto 1.

Instrumentos: mesmos instrumentos do piloto 1.

Procedimentos: mesmos procedimentos descritos no piloto 4.

Delineamento: Este piloto constou de duas fases: pré-exposição e exposição. Na pré-exposição a velocidade de deslocamento do alvo era de 145 cm/s. Nesta fase os sujeitos praticaram até alcançarem o desempenho critério estabelecido de três tentativas consecutivas corretas. O fornecimento de CR nesta fase se deu da mesma forma descrita no piloto 4. Logo após a pré-exposição, os pesquisadores armazenavam os dados coletados nesta fase e ajustavam o programa para então darem início à exposição. Enquanto isso o voluntário permanecia sentado na cadeira aguardando o sinal dos pesquisadores para iniciar a segunda fase.

A exposição foi composta por 126 tentativas, sendo 18 com perturbação, nove com aumento e nove com redução da velocidade de deslocamento do alvo. Nas tentativas controle, assim como durante a pré-exposição, a velocidade de deslocamento do alvo era de 145 cm/s. Nas tentativas com perturbação, a velocidade do alvo aumentava durante a perturbação I (PI) e diminuía durante a perturbação II (PII). As mudanças na velocidade se davam sempre após o sujeito ter

iniciado o movimento e a magnitude da mudança foi de 55 cm/s, ou seja, em PI a velocidade era de 200 cm/s e em PII de 90 cm/s.

Ao final da exposição eram feitos os seguintes questionamentos a cada voluntário:

- “percebeu alguma mudança na tarefa durante esta segunda fase?”.

Se a resposta fosse sim, lhes era questionado ainda:

- “qual ou quais mudança (s) percebeu?”.

Para avaliar a necessidade de inserção de um intervalo entre as fases era feito o seguinte questionamento aos voluntários:

- “sentiu algum desconforto, cansaço ou desmotivação em algum momento do experimento?”.

Resultados e conclusão: Ao final do experimento ao serem questionados a respeito da percepção das mudanças ocorridas na tarefa, os três voluntários responderam que perceberam mudanças na velocidade do alvo. Ao serem questionados a respeito de quais mudanças notaram, todos responderam que quando o alvo estava próximo à zona de interceptação, em alguns momentos sua velocidade de deslocamento aumentava e em outros diminuía. Algo que percebemos (pesquisadores) a partir das respostas dos voluntários, foi que eles não notaram que as mudanças ocorriam após terem iniciado seus movimentos, associaram o momento da mudança à proximidade do alvo com a zona de interceptação, já que iniciavam seus movimentos quando o alvo encontrava-se perto deste local.

Em relação ao questionamento a respeito do desconforto, cansaço ou desmotivação durante o experimento, um dos voluntários respondeu que sentiu sono durante a segunda fase, outro respondeu que o experimento foi cansativo e outro respondeu que não tinha nada a reclamar. Fundamentados nestas respostas, resolvemos (pesquisadores) introduzir uma pausa de 3 minutos entre as fases. Durante este intervalo, os voluntários deveriam se ausentar da sala, poderiam ir ao banheiro e tomar água.

A comparação do erro absoluto espacial (cm) entre as tentativas pré-perturbação I e PI (média das nove tentativas pré e nove tentativas em PI dos três sujeitos) através do test t apontou diferença significativa entre os blocos ($p = 0,00$), sendo o valor do erro no bloco com perturbação superior ao valor no bloco pré-perturbação (GRÁFICO F). De acordo com estes resultados conclui-se que o aumento na velocidade de deslocamento do alvo de 145 para 200 cm/s resultou em queda do desempenho dos voluntários, ou seja, a PI perturbou.

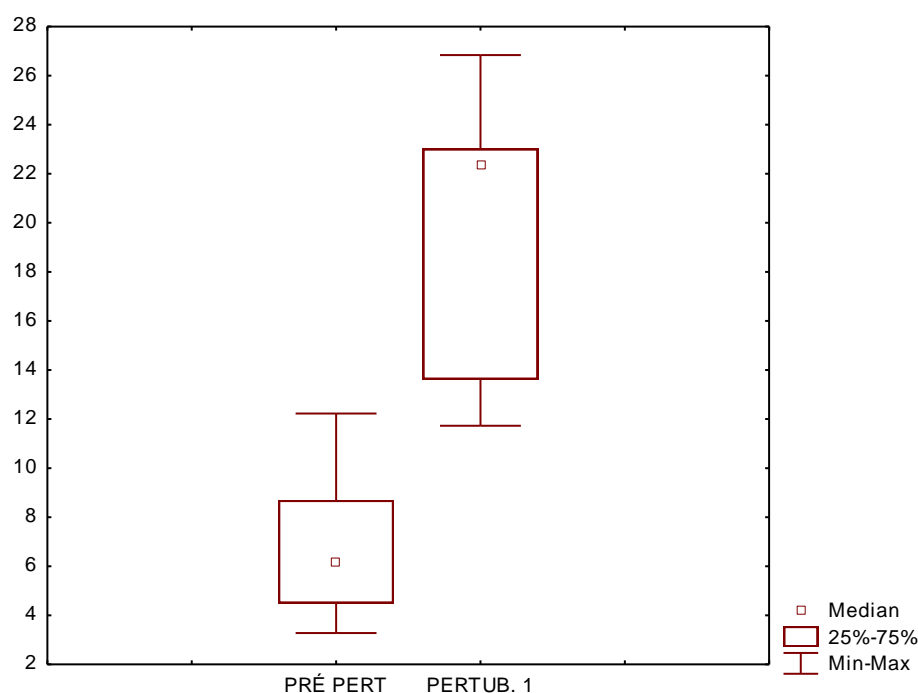


GRÁFICO F: erro espacial absoluto (cm) do GE em pré PI e em PI

A comparação do erro absoluto espacial (cm) entre as tentativas pré-perturbação II e PII (média das nove tentativas pré e nove tentativas em PII dos três sujeitos) do GE através do test t apontou diferença significativa entre os blocos ($p = 0,00$), sendo o valor do erro no bloco com perturbação superior ao valor no bloco pré-perturbação (GRÁFICO G). De acordo com estes resultados conclui-se que a redução na velocidade de deslocamento do alvo de 145 para 90 cm/s resultou em queda do desempenho dos voluntários, ou seja, assim como PI, PII também perturbou.

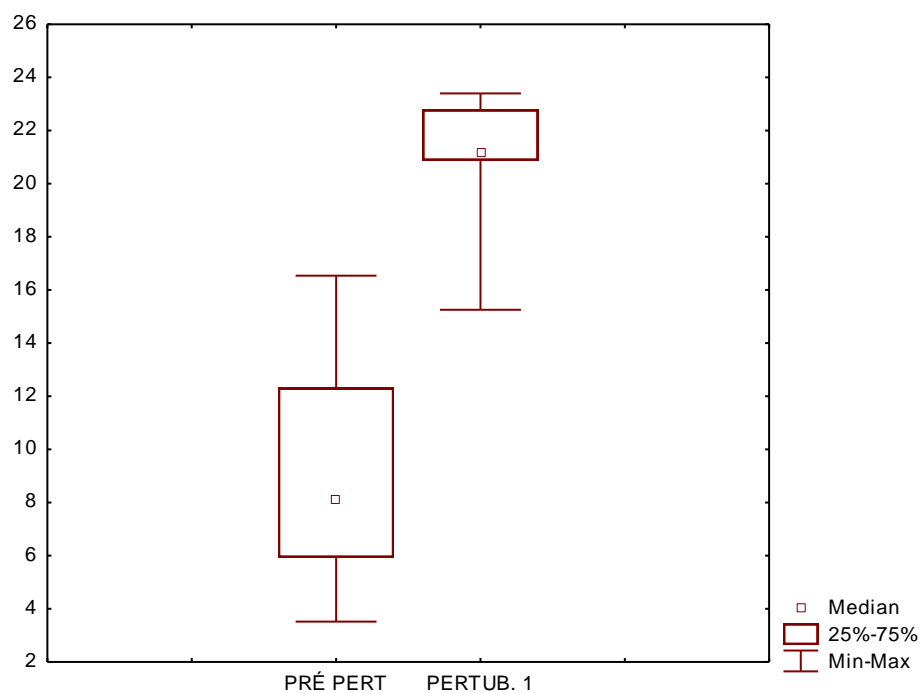


GRÁFICO F: erro espacial absoluto (cm) do GE em pré PII e em PII

A partir dos resultados e conclusões dos pilotos descritos acima, concluímos que o método já estava em condições de ser aplicado com vistas a responder às questões do estudo.

ANEXO A

Instrução verbal utilizada no piloto 1

Você irá realizar uma tarefa de interceptação que consiste em colidir o retângulo verde contra um alvo.

O alvo também terá a forma de um retângulo, porém de cor amarela e se deslocará da direita para esquerda ao longo da linha branca (MOSTRAR LINHA).

Você controlará o retângulo verde com a caneta que está ao seu lado, movendo-a de baixo para cima ao longo deste vão (MOSTRAR).

A meta da tarefa é: bater com o retângulo verde no meio do alvo dentro deste espaço (MOSTRAR A ZONA DE INTERCEPTAÇÃO). Quando conseguir a tentativa será considerada correta.

Após tentar a interceptação, deixe o retângulo verde no alto até que fique vermelho. Neste momento você verá uma foto do resultado.

Após analisar seu resultado você deverá descer a caneta suavemente até a posição inicial (MOSTRAR A POSIÇÃO INICIAL) e se preparar para uma nova tentativa. O alvo aparecerá novamente na tela após a foto do seu resultado desaparecer.

O experimento é composto por uma fase, você praticará até conseguir interceptar o alvo 3 vezes consecutivas.

ANEXO B

Instrução verbal utilizada no piloto 2

Você irá realizar uma tarefa de interceptação que consiste em colidir o retângulo verde contra um alvo.

O alvo também terá a forma de um retângulo, porém de cor amarela e se deslocará da direita para esquerda ao longo da linha branca (MOSTRAR LINHA).

Você controlará o retângulo verde com a caneta que está ao seu lado, movendo-a de baixo para cima ao longo deste vão (MOSTRAR). Atenção: Você deverá realizar seu movimento o mais rápido possível e só poderá iniciá-lo quando o alvo surgir na tela.

A meta da tarefa é: bater com o retângulo verde no meio do alvo dentro deste espaço (MOSTRAR A ZONA DE INTERCEPTAÇÃO). Quando conseguir a tentativa será considerada correta.

Após tentar a interceptação, deixe o retângulo verde no alto até que fique vermelho. Neste momento você verá uma foto do resultado.

Após analisar seu resultado você deverá descer a caneta suavemente até a posição inicial (MOSTRAR A POSIÇÃO INICIAL) e se preparar para uma nova tentativa. O alvo aparecerá novamente na tela após a foto do seu resultado desaparecer.

O experimento é composto por uma fase, você praticará até conseguir interceptar o alvo 3 vezes consecutivas.

ANEXO C

Instrução verbal utilizada no piloto 3

Você irá realizar uma tarefa de interceptação que consiste em colidir o retângulo verde contra um alvo.

O alvo também terá a forma de um retângulo, porém de cor amarela e se deslocará da direita para esquerda ao longo da linha branca (MOSTRAR LINHA).

Você controlará o retângulo verde com a caneta que está ao seu lado, movendo-a de baixo para cima ao longo deste vão (MOSTRAR). Atenção: Você deverá realizar um movimento rápido e só poderá iniciá-lo quando o alvo surgir na tela.

A meta da tarefa é: bater com o retângulo verde no meio do alvo dentro deste espaço (MOSTRAR A ZONA DE INTERCEPTAÇÃO). Quando conseguir a tentativa será considerada correta.

Após tentar a interceptação, deixe o retângulo verde no alto até que fique vermelho. Neste momento você verá uma foto do resultado.

Após analisar seu resultado você deverá descer a caneta suavemente até a posição inicial (MOSTRAR A POSIÇÃO INICIAL) e se preparar para uma nova tentativa. O alvo aparecerá novamente na tela após a foto do seu resultado desaparecer.

O experimento é composto por uma fase, você praticará até conseguir interceptar o alvo 3 vezes consecutivas.

ANEXO D

Instrução verbal utilizada nos pilotos 4 e 5 e na coleta oficial

Como você pode ver durante as demonstrações, fazendo um movimento rápido, você deverá interceptar o alvo amarelo com o retângulo verde.

Você controlará o retângulo verde com esta caneta (MOSTRAR).

Durante esta primeira fase, após cada tentativa vou lhe fornecer uma informação dizendo se o seu movimento foi rápido, muito rápido, lento, muito lento, ou bom. Você deverá utilizar esta informação para programar a tentativa seguinte, a meta é manter um tempo de movimento sempre “bom”. Esta fase terminará quando você interceptar o alvo três vezes consecutivas.

Em seguida faremos uma pausa antes retomarmos a segunda e última fase do experimento.

ANEXO E**Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade
Federal de Minas Gerais – COEP/ UFMG**

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

Parecer nº. ETIC 0563.0.203.000-10

Interessado(a): Prof. Herbert Ugrinowitsch
Departamento de Esportes
EEFFTO - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 02 de março de 2011, o projeto de pesquisa intitulado **"Efeito do nível de estabilização do desempenho na adaptação à perturbações perceptivas imprevisíveis na interceptação à alvos móveis"** 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.

Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG