

THÁBATA VIVIANE BRANDÃO GOMES

**EFEITOS DA PRÁTICA MENTAL NA ADAPTAÇÃO
MOTORA A PERTURBAÇÕES PREVISÍVEIS E A
PERTURBAÇÕES IMPREVISÍVEIS**

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional – EEFFTO

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Belo Horizonte

2014

THÁBATA VIVIANE BRANDÃO GOMES

**EFEITOS DA PRÁTICA MENTAL NA ADAPTAÇÃO
MOTORA A PERTURBAÇÕES PREVISÍVEIS E A
PERTURBAÇÕES IMPREVISÍVEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Esporte da Universidade Federal de Minas
Gerais como requisito parcial à obtenção do título de
doutor em Ciências do Esporte.

Área de concentração: Comportamento Motor

Orientador: Dr. Herbert Ugrinowitsch

Co-orientador: Dr. André Gustavo P. Andrade

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional – EEFETO

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Belo Horizonte

2014

G633e Gomes, Thábata Viviane Brandão
2014 Efeitos da prática mental na adaptação motora a perturbações previsíveis e a perturbações imprevisíveis. [manuscrito] / Thábata Viviane Brandão Gomes – 2014. 100f., enc.: il.

Orientador: Herbert Ugrinowitsch
Coorientador: André Gustavo Pereira de Andrade

Doutorado (tese) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 92-101

1. Saúde mental - Teses. 2. Capacidade motora - Teses. 3. Adaptação – Teses. 4. Aprendizagem motora - Teses. I. Ugrinowitsch, Herbert. II. Andrade, André Gustavo Pereira de. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 796.015


Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.




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



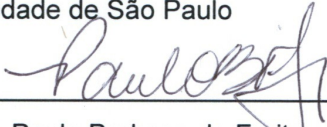
A Tese intitulada “Efeitos da prática mental na adaptação motora a perturbações previsíveis e a perturbações imprevisíveis”, de autoria da doutoranda **Thábata Viviana Brandão Gomes**, defendida em 27 de Agosto de 2014 na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:



Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch (orientador)
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais



Prof. Dr. Go Tani
Escola de Educação Física e Esporte
Universidade de São Paulo



Prof. Dr. Paulo Barbosa de Freitas Junior
Instituto de Ciências da Atividade Física e Esporte
Universidade Cruzeiro do Sul



Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais



Profa. Dra. Juliana de Melo Ocarino
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 27 de Agosto de 2014

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora, por sempre abençoarem e iluminarem o meu caminho. Foi na fé que consegui tranquilidade para viver os momentos mais difíceis do processo.

Meus pais, pela minha formação como ser humano, por acreditarem em mim e por todo amor. Mãe, obrigada pelas orações.

Marido, obrigada pela paciência diária comigo, por me acalmar nos momentos difíceis, por entender minha ausência nos meus momentos de produção, por renunciar tantas vezes às suas vontades para prevalecer minhas prioridades acadêmicas. Te amo!

Lu e Ico, obrigada por serem meus filhos, pelo carinho e alegria que vocês me proporcionam, por me ajudarem respeitando os momentos que eu não podia passear com vocês.

Minhas irmãs, pelo carinho de sempre e por me admirarem pelas minhas conquistas, o que aumenta minha responsabilidade. **Kauan**, obrigada por dividir comigo sua alegria de ser criança.

Herbert, não sei como agradecer o que você fez por mim. Obrigada por aceitar ser meu orientador, pelos conselhos e ensinamentos. Aprendi com você ser mais objetiva na escrita e na fala, o exercício da árvore e da floresta, a reconhecer o ideal e o possível. Obrigada por tudo!

André, obrigada por aceitar ser meu co-orientador, pelos ensinamentos e ajuda ao longo do processo.

Guilherme, obrigada pelos momentos de discussão e por toda ajuda.

Márcio, pela preocupação em querer ajudar. Obrigada por toda força durante o período da coleta de dados.

Rodolfo, por todas as contribuições e questionamentos, pelo interesse constante em contribuir, por fazer parte da minha formação como pesquisadora desde algum tempo atrás. Obrigada por me convidar para pertencer à família GEDAM, após 12 anos já sou irmã mais velha de muitos dos meus colegas.

Membros da banca, obrigada pela disponibilidade, pelas contribuições e momentos de reflexão. Aprendi muito com cada um de vocês.

Membros do GEDAM, obrigada pelos momentos de discussão e confraternização. É muito bom estar com vocês.

Leo, se hoje estou defendendo minha tese usando a minha tarefa de estudo é graças a você. Obrigada pela amizade e consideração, você dividiu parte do seu tempo de doutorado para se dedicar ao meu trabalho e prontamente atendeu a todos os meus pedidos de socorro. Obrigada por tudo que fez por mim.

Livia e Silvana, pela amizade e palavras de carinho.

Cláudio, pelas oportunidades de conversas e trocas. Por ser uma referência para mim que ao final daria certo, isto no mestrado e agora no doutorado.

Carlinhos, obrigada pela ajuda no momento de decisão pelo meu prazo de prorrogação, você foi mais que um representante dos alunos de pós-graduação, um amigo.

Crislaine, por toda ajuda e carinho.

Cíntia e Arthur, obrigada pela ajuda durante a coleta de dados.

Claudia Carello, por toda atenção e suporte durante minha permanência no CESP. Você fez muito por mim. Espero em breve retribuir a ajuda apresentando minha tese para o CESP.

Michael Turvey, pela atenção, ensinamentos e exemplo.

Claire Michaels, obrigada pelo carinho, convivência e oportunidades de aprendizado.

Henry, pela dedicação e ajuda na construção da minha tarefa. Obrigada pela amizade e por todo suporte durante minha permanência no CESP.

Dani Vaz, sua presença no CESP foi fundamental nas minhas conquistas e realizações durante minha permanência. Muito obrigada!

Colegas de doutorado do CESP, pela convivência e momentos de aprendizado.

CAPES, pelo investimento financeiro durante parte do doutorado.

Aos participantes da minha coleta de dados, pela disponibilidade em me ajudar.

Aos funcionários da biblioteca e secretaria da Pós-Graduação, pelos esclarecimentos e suporte.

RESUMO

Mudanças no ambiente podem representar novas demandas sensório-motoras e, às vezes, comprometer o desempenho motor. Essas mudanças, ou perturbações, podem ser previsíveis permitindo organização prévia da ação, ou imprevisíveis, demandando que a organização aconteça somente após a sua identificação. Independente do tipo de perturbação, a manutenção de bom desempenho requer um comportamento motor adaptável, que está relacionado às práticas anteriores, como a prática física e prática mental. O objetivo deste estudo foi verificar os efeitos da prática mental na adaptação motora a perturbações previsíveis e a perturbações imprevisíveis. Dois experimentos foram realizados, sendo que em ambos havia um grupo de prática mental, um grupo de prática física e um grupo controle (ausência de prática). Os participantes deveriam realizar um traço o mais rápido e preciso possível com a meta de acertar o alvo. Na primeira fase do experimento, os grupos de prática física e mental realizaram a tarefa de acordo com a especificidade de prática. Em seguida todos os grupos foram submetidos a uma fase de exposição a perturbações (i.e., mudança no posicionamento do alvo) idêntica para ambos os grupos. No primeiro experimento as perturbações foram apresentadas de forma previsível (com dica prévia ao início do movimento), e no segundo, de forma imprevisível (sem dica prévia ao início do movimento). Resultados mostraram que a prática física levou a melhor desempenho frente a perturbações, e o modelo interno formado exigiu menor número de modificações para alcançar a meta, indicado nas diferentes medidas de organização da ação. No geral, os resultados sugerem que a prática física é superior à prática mental e esta superior à ausência de prática. Esses resultados foram atribuídos à formação de estrutura de controle diferente para tipos de prática distintos. Esta estrutura de controle é o modelo interno que relaciona os modelos *inverso* e *forward* na organização da ação.

Palavras-chave: prática mental, adaptação motora, tarefa de movimento direcionado à meta, modelo interno.

ABSTRACT

Changes in environment can represent new sensory-motor demands and, sometimes, they can compromise motor performance. These changes, or perturbations, can be predictable, which allow previous action organizations; or unpredictable, which require that action organization happen only after perturbation identification. Regardless of the type of perturbation, maintaining good performance requires adaptive motor behavior that is related to previous practice, as physical and mental practice. The aim of this study was to verify the effects of mental practice in motor adaptation to predictable perturbation and to unpredictable perturbation. Two experiments were conducted with a mental practice group, a physical practice group and a control group (no practice) in each one. Participants should perform a trace as fast and as precise as possible in order to hit the target. In first phase of experiments, physical practice and mental practice groups performed the task according to practice specificity. Then, all groups were submitted to a phase of exposition to perturbations (i.e., change in target position). In first experiment perturbation were presented in a predictable way (with previous cue in the beginning of movement) and in the second in an unpredictable way (no cues). Results showed best performance of physical practice face perturbations, and the formed internal model required less number of modifications in order to achieve the goal, indicated in different measures of action organization. In general, results suggest that physical practice is superior to mental practice, which was superior to control group. These results were explained by a formation of different structures of control to each distinct kind of practice. This structure of control is internal model that relates inverse model and forward model in action organization.

Key words: mental practice, motor adaptation, goal-directed movement, internal model.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância

BL1 PRÉ – Primeiro bloco da fase de pré-exposição.

BL final PRÉ – Último bloco da fase de pré-exposição.

GPF – Grupo Prática Física.

GPM – Grupo Prática Mental.

GC – Grupo Controle ou ausência de prática.

ID – Índice de Dificuldade.

PI – Perturbação reconhecida pela mudança da posição do alvo para 10° acima da linha média do *tablet*.

PI 1 – Perturbações iniciais na fase de exposição, mudança da posição do alvo para 10° acima da linha média do *tablet*.

PI 2 – Perturbações intermediárias na fase de exposição, mudança da posição do alvo para 10° acima da linha média do *tablet*.

PI 3 – Perturbações finais na fase de exposição, mudança da posição do alvo para 10° acima da linha média do *tablet*.

PII – Perturbação reconhecida pela mudança da posição do alvo para 10° abaixo da linha média do *tablet*.

PII 1 – Perturbações iniciais na fase de exposição, mudança da posição do alvo para 10° baixo da linha média do *tablet*.

PII 2 – Perturbações intermediárias na fase de exposição, mudança da posição do alvo para 10° abaixo da linha média do *tablet*.

PII 3 – Perturbações finais na fase de exposição, mudança da posição do alvo para 10° abaixo da linha média do *tablet*.

PÓS – tentativa posterior à tentativa de perturbação.

PRÉ – tentativa que antecede à tentativa de perturbação.

SNC – Sistema Nervoso Central.

TC – Tentativa Controle.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Perfil das curvas de deslocamento, velocidade e aceleração de um movimento direcionado à meta realizado sem correções	29
FIGURA 2 – Perfil das curvas de deslocamento, velocidade e aceleração de um movimento direcionado à meta realizado com correções	30
FIGURA 3 – Vista lateral dos instrumentos	43
FIGURA 4 – Vista frontal dos instrumentos	43
FIGURA 5 – Ilustração da tentativa controle e perturbações (PI e PII)	46
GRÁFICO 1 – Média do tempo de movimento de dois grupos experimentais no início e final da fase de pré-exposição, experimento 1	53
GRÁFICO 2 – Média do acerto ao alvo, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 1	54
GRÁFICO 3 – Média do tempo de reação, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 1.....	54
GRÁFICO 4 – Média do tempo para o pico de velocidade, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 1.....	55
GRÁFICO 5 – Média do tempo após o pico de velocidade, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 1.....	56
GRÁFICO 6 – Média do número de correções, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 1.....	56
GRÁFICO 7 – Média do tempo de movimento, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 1	58
GRÁFICO 8 – Média do acerto ao alvo, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 1	59
GRÁFICO 9 – Média do tempo de reação, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 1	60
GRÁFICO 10 – Média do tempo para o pico de velocidade, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 1.....	62
GRÁFICO 11 – Média do tempo após o pico de velocidade, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 1.....	63

GRÁFICO 12 – Média do número de correções, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 1	64
GRÁFICO 13 – Média do tempo de movimento de dois grupos experimentais no início e final da fase de pré-exposição, experimento 2	66
GRÁFICO 14 – Média do acerto ao alvo, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 2	67
GRÁFICO 15 – Média do tempo de reação, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 2	67
GRÁFICO 16 – Média do tempo para o pico de velocidade, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 2	68
GRÁFICO 17 – Média do tempo após o pico de velocidade, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 2	69
GRÁFICO 18 – Média do número de correções, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição, experimento 2	69
GRÁFICO 19 – Média do tempo de movimento, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 2	72
GRÁFICO 20 – Média do acerto ao alvo, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 2	73
GRÁFICO 21 – Média do tempo de reação, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 2	74
GRÁFICO 22 – Média do tempo para o pico de velocidade, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 2	75
GRÁFICO 23 – Média do tempo após o pico de velocidade, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 2	77
GRÁFICO 24 – Média do número de correções, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita, experimento 2	78

QUADRO 1 – Disposição das tentativas de perturbação (PI e PII) entre as tentativas controle (TC) na fase de exposição	47
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Adaptação Motora	17
2.1.1	Adaptação motora em função da natureza da perturbação	23
2.2	Prática Mental	32
2.2.1	Prática Mental e Adaptação Motora	35
3	OBJETIVOS	39
3.1	Objetivo geral	39
3.2	Objetivos específicos	39
4	HIPÓTESES DE ESTUDO	40
5	MÉTODO	41
5.1	Experimento 1 - Perturbações previsíveis	42
5.1.1	Amostra	42
5.1.2	Aparelho e tarefa	42
5.1.3	Delineamento	45
5.1.4	Procedimento	48
5.1.5	Variáveis dependentes	48
5.1.6	Tratamento dos dados e análise estatística	50
5.1.7	Resultados.....	52
5.2	Experimento 2 - Perturbações imprevisíveis	64
5.2.1	Amostra e Delineamento.....	65
5.2.2	Resultados.....	65
6	DISCUSSÃO	79
7	CONCLUSÃO	90
	REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

No dia a dia é esperado que o ser humano conviva em ambientes que apresentam constantes mudanças. Essas mudanças podem representar novas demandas sensório-motoras e interferir na forma como as pessoas executam seus movimentos. Mudanças desse tipo podem ser denominadas perturbações (UGRINOWITSCH *et al.*, 2005), e requerem ajustes do sistema sensório-motor para que o desempenho não seja prejudicado, proporcionando adaptação.

As perturbações são classificadas segundo aspectos que representam, e estes podem ser manipulados experimentalmente para permitir a compreensão dos efeitos das perturbações sobre o desempenho. Um destes aspectos está relacionado à natureza da perturbação podendo ser previsível quando possibilita a antecipação da mudança (SCHEIDT *et al.*, 2001), ou imprevisível quando a mudança ocorre sem possibilidades de antecipação (FONSECA *et al.*, 2012). A manipulação da previsibilidade das perturbações implica em demandas distintas sobre o sistema sensório-motor (RICHTER *et al.*, 2004). As perturbações previsíveis, devido a possibilidade de antecipação, permitem que seja feita uma organização prévia da ação, reduzindo a demanda sobre o sistema. Por outro lado, as perturbações imprevisíveis não permitem esta organização prévia, solicitando a organização da ação a partir do momento em que o executante identifica a mudança. Essa característica da imprevisibilidade pode, em alguns casos, significar a necessidade de reorganização da ação (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999), o que torna as perturbações imprevisíveis mais exigentes e pode proporcionar maiores comprometimentos do desempenho (RIEGER *et al.*, 2005).

Considerando as informações anteriores sobre previsibilidade da perturbação e comportamento do executante, um exemplo com intuito ilustrativo é quando um nadador que pratica a habilidade em águas abertas, provavelmente receberá a exigência de mudanças no padrão da ação durante o percurso. Por exemplo, o aumento da frequência de ondas devido ao aumento da intensidade do vento (perturbações), leva a nadar em diagonal para realizar uma trajetória reta ou quando na presença de surfistas realiza o nado com respiração frontal para visualizá-los. Se todas estas situações forem identificadas com

antecedência ao início do nado, as adaptações necessárias podem ser planejadas previamente e são consideradas previsíveis. A expectativa é que a condição previsível da perturbação representada nos exemplos acima proporcione um menor número de correções ao longo do percurso ou até ajustes pequenos na realização da ação e que a meta seja mais facilmente atingida.

Um comportamento diferente deve ser observado quando perturbações imprevisíveis acontecem durante sua execução, as quais exigem uma modificação da ação que já está sendo realizada. Por exemplo, diminuir a velocidade do nado ao se deparar com uma prancha de *surf* de um praticante de *stand up paddle (surf a remo)* e retomar a velocidade normal; ou modificar o tipo de respiração, alterar o ritmo do nado e a sua trajetória ao sentir cheiro de combustível ou ouvir barulho do motor do *jet ski*. Nestes exemplos, as perturbações imprevisíveis representaram mudanças ambientais sem que o executante tivesse conhecimento prévio de qual perturbação, o momento que ocorre ou das características necessárias de modificação, tendo que reorganizar a ação apenas após a detecção da perturbação. Além disso, as informações das tentativas anteriores não podem ser utilizadas para organizar as braçadas seguintes.

Espera-se que, independente da natureza da perturbação (previsível ou imprevisível), o nadador consiga reorganizar a habilidade e apresentar um bom desempenho diante da perturbação ou ainda que retome seu desempenho após à perturbação. Se isto acontecer assume-se que ocorreu adaptação; outras vezes o nadador precisa parar, esperar que o ambiente volte à sua condição prévia para, então, retornar ao nado.

Pensando que a adaptação motora requer a detecção das condições ambientais (previsíveis ou imprevisíveis) e organização da ação conforme as demandas (KAWATO, 1999), espera-se que a prática contribua na adaptação. A prática pode acontecer de forma física ou mental i.e., imaginação da habilidade ou parte dela na ausência de movimentos físicos explícitos (DRISKELL; COPPER; MORAN, 1994).

Mais recentemente foram encontradas evidências de que a prática mental possibilita a formação de modelos internos utilizados na adaptação motora (ANWAR; TOMI; ITO, 2011). Além disso, em uma condição de prática física subsequente poderá ajudar no pré-planejamento que antecede a ação ou mesmo na organização da ação durante

a execução (ANWAR; KHAN, 2013). Existem inferências que a prática física forma estrutura de controle diferente da estrutura formada pela prática mental (GENTILI *et al.*, 2010), o que indicaria que os diferentes tipos de prática podem levar a comportamentos diferentes quando é exigida a adaptação, ou ainda, que o efeito da prática mental pode ser diferente diante de diferentes naturezas da perturbação. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar os efeitos da prática mental na adaptação a perturbações previsíveis e a perturbações imprevisíveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Adaptação Motora

A necessidade de se adaptar fica evidente ao considerar que ambiente e o próprio organismo mudam, o que requer modificações das ações planejadas em diversas ações do cotidiano. A observação deste tipo de fenômenos do cotidiano permite adotar o conceito de adaptação motora como o modo pelo qual o sistema neuromotor controla a produção de movimentos precisos (BERNIKER; KORDING, 2008), enquanto mudanças no corpo, no ambiente ou na tarefa acontecem.

Estas mudanças, também denominadas perturbações, podem ser entendidas como algo (e.g., informação ambiental) que modifica, causa mudanças (DORON; PAROT, 2001). A expectativa é que, a partir da perturbação, seja possível reorganizar a ação e alcançar a meta da tarefa. Assim, pode-se inferir que a adaptação motora acontece quando a organização da habilidade executada é alterada, a fim de alcançar o objetivo da tarefa mesmo diante das perturbações, como observado por Ugrinowitsch e Tani (2005) e Ugrinowitsch *et al.* (2011). Uma forma que também auxilia a entender a organização da ação é observar se o desempenho retorna à condição prévia à perturbação quando esta é retirada, como observado em Fonseca *et al.* (2012) e Izawa *et al.* (2008). A retomada do desempenho assim que a perturbação é retirada indica uma organização da ação mais consistente, que ao identificar as condições sem a perturbação consegue ter um bom desempenho. Por exemplo, o nível de estabilidade do desempenho é um dos fatores que influencia a capacidade de retomar o desempenho após a retirada da perturbação (FONSECA *et al.*, 2012), mesmo sem conseguir adaptar à perturbação.

Uma das interpretações de adaptação motora é que o sistema ganha em complexidade à medida que a pessoa passa por ciclos de adaptação (TANI, 2005), e particularmente no sistema neuromotor. Nesta perspectiva, a adaptação motora é compreendida como um processo contínuo que ocorre após uma fase de prática, que

permite a formação de uma estrutura de controle da ação¹, a qual se modifica e se torna mais complexa quando enfrenta perturbações consecutivas (BENDA; TANI, 2004; BENDA *et al.*, 2005; TANI, 1995; UGRINOWITSCH; TANI, 2005). Para investigar a adaptação nesta perspectiva, os estudos utilizam uma fase de prática até a melhora ou estabilização do desempenho, observados na diminuição do erro em relação à meta da tarefa (CORRÊA *et al.*, 2010a; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014), seguida por uma segunda fase de prática com tentativas repetitivas de perturbações. Espera-se que diante das perturbações o movimento possa ser reorganizado e a meta da tarefa ser alcançada (CORRÊA *et al.*, 2010a).

Um exemplo é o estudo de Benda *et al.* (2000), que utilizou uma tarefa de controle da força de prensão manual no dinamômetro. Na primeira fase de prática era preciso aprender a controlar 60% da força máxima, e na segunda fase de prática foi inserido um novo percentual de força máxima (40%) a ser alcançado, denominado perturbação. Seguindo esta linha de raciocínio, Ugrinowitsch *et al.* (2011), após uma primeira fase de prática, inseriu ao mesmo tempo uma alteração na velocidade de apresentação dos estímulos e um novo sequenciamento em uma tarefa de *timing* coincidente, ou ainda Corrêa *et al.* (2010a) que também usou uma tarefa de *timing* coincidente com um novo sequenciamento nas tentativas de perturbação.

Este delineamento tem uma condição ambiental que, após a primeira vez que realiza a tarefa com a perturbação, ela se torna previsível, porque é esperado que a partir da segunda tentativa de perturbação seja reconhecida a necessidade de modificar a organização da ação para continuar a atingir a meta da tarefa. Pensando assim, os estudos supracitados investigaram os processos envolvidos na adaptação motora, expondo sujeitos a perturbações repetitivas e quantificando as alterações nas suas respostas (ex., desempenho e organização da habilidade) ao longo do tempo. Estes estudos pretendiam investigar a adaptação em uma perspectiva de aprendizagem motora; ou seja, como uma habilidade se modifica ao longo do tempo, i.e., a adaptação como um processo ou crônica. Este delineamento pode ser utilizado para explicar como uma pessoa aprende uma habilidade e se torna cada vez mais competente enquanto continua a praticá-la.

¹ A estrutura de controle da ação será discutida adiante.

Outra forma de entender a adaptação é como o sistema neuromotor reorganiza a ação em uma sequência de tentativas após a retirada da perturbação (SCHEIDT; DINGWELL; MUSSA-IVALDI, 2001), proposição conhecida como *after effect* (efeito posterior). Quando o sistema nervoso central experimenta uma perturbação que proporciona mudança na execução da ação, ele pode adquirir uma representação neuromotora (estrutura de controle) da relação entre os comandos motores e a dinâmica externa (ANWAR; TOMI; ITO, 2011), indicando que a adaptação motora aconteceu. Uma forma de entendê-la é realizar uma fase de prática sem perturbação (i.e., condição controle), seguida de uma segunda fase com perturbação e, por último, continuar a prática na condição controle para observar o comportamento após a retirada da perturbação. Nesta perspectiva é avaliar a existência de efeitos posteriores, ou seja, se o participante apresenta um desempenho similar ao observado na primeira fase do delineamento, fase esta que antecede a fase de exposição a perturbações ou ainda quanto demora para retomar o comportamento prévio (KAGERER; CONTRERAS-VIDAL, 1997).

Por exemplo, Shadmehr e Mussa-Ivaldi (1994) trabalharam com uma tarefa de alcançar um alvo usando um braço robótico. Neste caso, os participantes deveriam alcançar um alvo com o braço robótico que tinha um campo de força (perturbação). No final da fase de exposição às perturbações, houve redução do número de erros na trajetória e aumento na velocidade do deslocamento, o que permite assumir que a adaptação aconteceu. Além disso, após a retirada das perturbações o desempenho foi similar ao observado na fase que antecedeu a exposição às perturbações, indicando existência de retomada de desempenho e manutenção da estrutura de controle formada na primeira fase. Estes estudos pretendiam investigar a adaptação em uma perspectiva de controle motor, buscando entender como uma nova estrutura de controle é formada a partir das perturbações, proporcionando a adaptação, bem como se a estrutura de controle produzida durante a fase inicial de prática permanece (retomada do desempenho) com a retirada da perturbação.

Estes estudos citados também tinham como objetivo entender a adaptação crônica. Entretanto, existem situações no dia a dia do ser humano que requerem uma adaptação momentânea, quando as perturbações que não são repetitivas i.e., adaptação como um produto ou aguda. Isto pode ser explicado por outro tipo de interpretação de adaptação motora.

Outra forma de olhar para a adaptação é investigar como ela acontece frente à perturbações momentâneas i.e., adaptação aguda (ex., FONSECA *et al.*, 2012; LEITE, 2014). Nesta perspectiva, a adaptação é testada frente às perturbações após uma fase de aprendizagem, e as variáveis dependentes são comparadas com a situação controle. Este delineamento permite entender o que muda no controle da ação frente à diferentes perturbações, ou seja, é um estudo que utiliza a adaptação em uma perspectiva de controle motor, analisando o que muda no controle do movimento em relação ao que foi aprendido; como é o controle do movimento antes de se inserir a perturbação, na perturbação e após a retirada dela (COUTO, 2012; LEITE, 2014). Estes estudos apresentam um delineamento misto, com a primeira fase (pré-exposição) com um delineamento de aprendizagem motora e a segunda fase (exposição) de controle motor.

Na fase de pré-exposição, os sujeitos são submetidos à prática e manipulados fatores que influenciam a aquisição de habilidades motoras, tais como organização da prática (CORRÊA *et al.*, 2010b) e nível de estabilização do desempenho (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Contudo, a diferença é que na segunda fase do experimento é mantida a mesma tarefa da fase de pré-exposição (tentativas usadas como controle), e perturbações são inseridas de forma imprevisível para os participantes (quando a mudança é inserida e ocorre sem conhecimento prévio do sujeito, sem possibilidades de antecipação) e intercaladas com as tentativas controle. Além disso, são utilizadas perturbações com características, que requerem mudanças em “direções opostas”, para dificultar que o executante tenha um plano prévio do que fazer no caso de existir a perturbação. O delineamento que utiliza a perturbação como uma tentativa entre as tentativas controle permite assumir que a perturbação é imprevisível, além de possibilitar comparar o comportamento antes e após a inserção da perturbação. Este delineamento inviabiliza que nas tentativas de perturbação sejam usadas exatamente as informações da tentativa prévia (pré-perturbação) que foi diferente da atual e será diferente da tentativa subsequente (pós-perturbação). Esta condição de perturbação exige uma reorganização da ação planejada na tentativa anterior baseado nas informações extraídas também da tentativa atual e exige mais do executante na reorganização do movimento frente às perturbações (RITCHER *et al.*, 2004). Ainda, este delineamento experimental é mais próximo das situações do dia a dia que normalmente não há uma sequência repetitiva

e consistente como no caso da adaptação como um processo ou ainda quando de situações previsíveis a perturbação é inserida com o conhecimento prévio do sujeito possibilitando a antecipação da mudança.

Os estudos de Couto (2012) e Profeta (2009), investigaram como acontece a adaptação às perturbações imprevisíveis impostas na tarefa com o delineamento supracitado, através da descrição do mecanismo de controle predominante na reorganização do movimento. Além disso, o fator de aprendizagem nível de estabilização do desempenho foi manipulado na primeira fase do delineamento. Couto (2012), utilizou a tarefa de interceptar um alvo virtual que se deslocava em uma velocidade de 145 cm/s. As perturbações imprevisíveis usadas foram: 1) uma maior velocidade (200 cm/s) de deslocamento do alvo a ser interceptado em comparação à velocidade adotada nas tentativas controle, 2) uma menor velocidade (90 cm/s) de deslocamento do alvo a ser interceptado em comparação à velocidade adotada nas tentativas controle.

Uma tarefa motora complexa de *timing* coincidente foi usada por Fonseca *et al.* (2012), que na fase de pré-exposição manipularam um fator de aprendizagem (nível de estabilização do desempenho). A perturbação foi manipulada na fase de exposição usando duas variações: 1) a velocidade do estímulo luminoso iniciava mais lenta do que as tentativas controle e terminava mais rápida, 2) a velocidade do estímulo luminoso iniciava mais rápida do que as tentativas controle e terminava mais lenta. Já Profeta (2009) investigou a mesma questão, mas a tarefa consistiu em lançar um dardo de salão a um alvo e as duas perturbações imprevisíveis estavam relacionadas à mudança da meta, que seria acertar um alvo mais próximo ou mais afastado comparado ao alvo da condição controle.

Apesar de os grupos terminarem com o desempenho semelhante, nos estudos de Couto (2012) e Fonseca *et al.* (2012) foi verificado que o nível de estabilização influenciou a aprendizagem, mas não em Profeta (2009). Em relação aos mecanismos de controle, o primeiro estudo mostrou que o nível superior de estabilização levou a antecipar o pico de velocidade, o que permitiu maior número de ajustes *on-line*. O segundo estudo não teve como foco discutir sobre os mecanismos de controle. No terceiro experimento não foi observada a adaptação.

Ainda na perspectiva de manipular uma variável independente de aprendizagem na primeira fase e outra na segunda, Carvalho *et al.* (em fase de pré-publicação) verificou

os efeitos da faixa de amplitude de conhecimento de resultados na adaptação a perturbações imprevisíveis em uma tarefa de força isométrica. Nas tentativas controle a meta era realizar a tarefa usando 40% da força máxima e as perturbações foram: 1) alcançar 60% da força máxima durante a tentativa, 2) alcançar 20% da força máxima, sendo que em ambos os casos a meta era alterada na metade da tentativa. Os resultados mostraram que na perturbação mais fácil (20%) o desempenho dos grupos foi similar, mas a faixa de amplitude levou à melhor adaptação na perturbação mais difícil (60%). Esta melhor adaptação aconteceu devido ao menor tempo gasto para atingir o pico de força, o que resultou em maior tempo para as modificações necessárias para atingir a nova meta imposta pela perturbação. Estes resultados mostram que a faixa de amplitude utilizada durante a formação da estrutura que controla a habilidade combina mais os mecanismos de pré-planejamento e correções *on-line* (i.e., *feedback on-line*), e o *feedback* em relação à magnitude e direção fornecido durante toda a tentativa utiliza mais de pré-planejamento.

Estes resultados são característicos dos estudos de controle motor, que investigam a adaptação via desempenho e análise de padrão de movimento – cinemática e cinética. Para entender os mecanismos de controle, estes estudos inserem a perturbação e verificam as mudanças no controle (ex., ELLIOTT *et al.*, 1995; KAGERER; CONTRERAS-VIDAL; STELMACH, 1997; SEIDLER; NOLL; THIERS, 2004). Um dos focos dos estudos de controle é entender qual mecanismo de controle predomina na realização do movimento submetido à perturbação, ou seja, "como" se adapta à exposição a perturbações. O delineamento discutido anteriormente pode ser utilizado para explicar como as pessoas se adaptam quando uma perturbação inesperada acontece e, principalmente, o que muda no momento da inserção desta perturbação.

Entender alguns dos fatores que influenciam a adaptação motora foi objeto de estudos supracitados (CORRÊA *et al.*, 2010b; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Contudo, como estes estudos foram conduzidos a partir de uma concepção de aprendizagem motora, que, conforme citado, investigam como uma habilidade aprendida se modifica e se torna mais complexa (TANI, 2005), eles não tinham ênfase nos mecanismos de controle da habilidade e a perturbação inserida era mantida constante. Já a maioria das investigações de adaptação, com ênfase nos mecanismos de controle, foi conduzida com perturbações imprevisíveis (ex., ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999; HANSEN; ELLIOTT, 2009;

SCHEIDT; DINGWELL; MUSSA-IVALDI, 2001), e sem a preocupação com o processo de aprendizagem da tarefa antes da exposição às perturbações. Esta diferença nos delineamentos inviabiliza a generalização dos resultados na busca de um melhor entendimento sobre como os fatores que influenciam a aquisição de habilidades também influenciam a adaptação (mudança no controle do movimento a partir de perturbações) e, principalmente, o efeito dos fatores de aprendizagem frente à perturbações de natureza distintas (previsíveis e imprevisíveis). Este assunto será discutido a seguir.

2.1.1 Adaptação motora em função da natureza da perturbação

O ser humano está em constante interação com o meio e por isto propenso a ter que se adaptar às frequentes mudanças impostas ao corpo, ao ambiente ou à tarefa. Essas mudanças podem levar a mudanças nos movimentos, ou seja, podem ser fonte de perturbações (TANI *et al.*, 2005).

Perturbação é algo que causa mudanças (DORON; PAROT, 1998). Ou ainda, perturbações podem ser consideradas como estímulos capazes de interferir no desempenho de uma habilidade (UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH; CORRÊA; TANI, 2005). De forma geral, as perturbações podem ser consideradas como alterações em algum contexto, ou estímulos diferentes dos habituais, que impõem uma nova demanda, que desafiam, requerem e possivelmente causam mudança no desempenho. Contudo, como a mudança no desempenho é uma possibilidade, podendo não ser observada, é sugerida a utilização de variáveis complementares que fornecem informações adicionais sobre os efeitos da perturbação no comportamento motor, como o padrão de movimento (UGRINOWITSCH; CORRÊA; TANI, 2005).

As perturbações podem ser classificadas de acordo com as características que apresentam, e conseqüentemente, demandas que impõem. Uma dessas características diz respeito à natureza da perturbação, podendo ser previsíveis ou imprevisíveis (SCHEIDT; DINGWELL; MUSSA-IVALDI, 2001), isto indica que perturbações de diferentes naturezas podem conduzir à adaptações diferentes (RICHTER *et al.*, 2004).

Uma perturbação será considerada previsível quando, apesar de ser uma mudança no contexto, sua ocorrência puder ser antecipada seja por ser uma mudança que ocorre e permanece fixa (SCHEIDT *et al.*, 2001; CORRÊA *et al.*, 2010b), ou pela apresentação de pistas ambientais que indiquem a mudança previamente à sua apresentação (RICHTER *et al.*, 2004). Por outro lado, quando não é possível a antecipação da perturbação, ela é caracterizada como imprevisível, como observado por Elliott *et al.* (1995) e Fonseca *et al.* (2012). Apesar de ambos os tipos de perturbação requerer modificação no comportamento, as perturbações imprevisíveis parecem ser mais desafiadoras (RICHTER *et al.*, 2004).

As perturbações previsíveis facilitam a organização prévia das ações (i.e., pré-planejamento), enquanto as perturbações imprevisíveis dificultam ou mesmo impossibilitam o pré-planejamento da ação para lidar com a perturbação que aparecerá e ainda atingir a meta da tarefa. Esta situação restringe o tempo para a organização da ação e, quando a perturbação acontece após o início da ação, requer a reorganização da ação (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999; RIEGER; KNOBLICH; PRINZ, 2005). Essas correções frente a uma perturbação imprevisível podem requerer não somente ajustes *on-line* de uma ação, mas sim toda a reformulação da ação (DIEDRICHSEN *et al.*, 2005). Comparadas às perturbações no delineamento de aprendizagem, elas apresentam maior demanda para o executante. Essa maior demanda é sustentada por estudos que mostram que as perturbações imprevisíveis podem dificultar (BRAUN *et al.*, 2009; RICHTER *et al.*, 2004; RIEGER *et al.*, 2005), ou mesmo superar a capacidade adaptativa do indivíduo (KARNIEL; MUSSA-IVALDI, 2002).

Um dos estudos que investigou a previsibilidade da perturbação é o de Richter *et al.* (2004), ao testar se a adaptação a duas condições ambientais diferentes (i.e., perturbações) era influenciada pela apresentação de um estímulo indicador da perturbação (i.e., pista) prévia à sua apresentação. Para isso os autores utilizaram uma tarefa de apontamento com dois campos de força diferentes. Um grupo recebeu pistas indicadoras desses campos (grupo submetido a perturbações previsíveis), e o outro não (grupo submetido a perturbações imprevisíveis), o que permitia uma confrontação direta entre perturbações previsíveis e imprevisíveis. Os resultados mostraram diferenças entre os grupos tanto em termos de organização da ação quanto de desempenho: o grupo que tinha o

fornecimento de pistas (previsível) apresentou, consistentemente, bons resultados, enquanto o grupo sem pistas apresentou redução de desempenho. Os achados de Richter *et al.* (2004) apresentam a distinção do comportamento motor frente a perturbações previsíveis e imprevisíveis. Uma possível explicação é que enquanto o grupo de pistas pode realizar os ajustes no planejamento necessários para superar a perturbação e atingir a meta da tarefa, antes de iniciar a ação, o grupo sem pistas teve que realizar os ajustes no planejamento após ter iniciado a ação.

Um exemplo do efeito da natureza da perturbação durante a adaptação é encontrada no estudo de Loschiavo-Álvares *et al.*, (em fase de pré-publicação), que utilizou delineamento similar ao de Fonseca *et al.* (2012), mas com a fase de exposição idêntica para os dois experimentos (um previsível e outro imprevisível), sendo que no previsível foi fornecida uma informação prévia à inserção da perturbação e o imprevisível não tinha pista alguma da perturbação. Apesar de investigar a relação entre a natureza da adaptação e as funções executivas em adultos com transtorno do déficit de atenção/hiperatividade (TDAH) e normais, os resultados consistentemente mostraram que os dois grupos tiveram maiores dificuldades de adaptação quando a perturbação era imprevisível. Mais ainda, a maior dificuldade dos adultos com TDAH estava relacionada com às funções executivas na adaptação, tempo de reação e planejamento. Estes resultados indicam a maior dificuldade de adaptar quando a perturbação é imprevisível, justamente pela maior demanda destas funções executivas. Entretanto, este estudo não analisou a organização da ação, o que inviabiliza a análise dos mecanismos de controle utilizados nas tentativas com perturbação.

Leite (2014) usou um delineamento semelhante ao de Loschiavo-Álvares *et al.*, (em fase de pré-publicação). Foram investigados os efeitos da organização da prática variada, durante a fase de aprendizagem em blocos e aleatória, sobre o comportamento motor em dois contextos diferentes (perturbações previsíveis e em contextos com perturbações imprevisíveis). Considerando o desempenho e a organização da ação, os resultados mostraram que a prática aleatória proporcionou melhor capacidade de adaptação, pois possibilitou aos participantes se adaptarem a perturbações previsíveis e imprevisíveis, enquanto a prática em blocos proporcionou adaptação apenas frente as perturbações previsíveis, indicando a maior dificuldade de adaptar quando a perturbação é imprevisível. Além disso, na condição previsível, ambos os tipos de prática, aleatória e por blocos,

proporcionam igual capacidade para pré-planejar a ação de acordo com as mudanças. Por outro lado, a condição imprevisível exigiu uma capacidade de extrair mais informações durante a própria execução para, então, combinar a utilização de mecanismos de pré-planejamento com correções *on-line*. A prática aleatória, com as constantes mudanças na execução da tarefa, propiciou a aprendizagem da utilização destes dois mecanismos de controle, o que resultou em melhor desempenho.

Os mecanismos de controle mais citados na literatura são o *feedforward* e o *feedback on-line* (ANWAR; KHAN, 2013). O *feedforward* (pré-planejamento) é a informação utilizada para a organização da ação, que antecede à sua realização (DESMURGET; GRAFTON, 2000), sendo um indicativo de pré-planejamento, termo assumido neste trabalho. Por outro lado, o *feedback on-line* é a informação produzida durante a realização do movimento que retorna ao sistema nervoso central que, tendo tempo suficiente, a utiliza para regular a ação com base na meta previamente estabelecida, ou seja, as correções que acontecem no momento da execução estão associadas ao mecanismo de controle *feedback on-line* (DESMURGET; GRAFTON, 2000; SEIDLER; NOLL; THIERS, 2004).

Conforme citado anteriormente, diversos estudos de comportamento motor descrevem o controle com base nestes dois mecanismos. O estudo de Richter *et al.* (2004) é um destes, pois mostra que diante da impossibilidade de antecipar a ação, não era possível acontecer a adaptação usando o mecanismo de controle pré-planejamento. Nesta condição foi necessário o uso do *feedback on-line*, que age como elemento modificador da organização previamente gerada por meio de pré-planejamento. Por outro lado, quando havia a informação prévia os ajustes apareciam logo no início da ação, mostrando o domínio do controle via pré-planejamento. Outras situações também mostram este tipo de adaptação via pré-planejamento, como o estudo de Miguel-Junqueira (2012). Isto indica que os dois modos de controle podem ser vistos como complementares para a produção de habilidades motoras, e mesmo em ambientes em que há perturbações imprevisíveis (ELLIOTT; CHUA; HELSEN, 2001). Ou ainda, comportamento motor pode ocorrer com a combinação de ambos mecanismos de controle, pré-planejamento e *feedback on-line* (DESMURGET; GRAFTON, 2000; SEIDLER; NOLL; THIERS, 2004), independente da previsibilidade da perturbação, mas o domínio de cada um deles tem relação com a

natureza da perturbação. Couto (2012) foi um passo além ao mostrar que as duas formas de controle se combinam e complementam, mas na situação controle (tentativa sem perturbação intercalada entre tentativa com perturbação) predomina o mecanismo de controle via pré-planejamento e nas tentativas com perturbação imprevisível predomina o *feedback on-line*. Neste caso pode-se dizer que o mecanismo de controle predominante na tentativa controle é similar ao da perturbação previsível, pois em ambos é possível planejar a ação completa previamente ao seu início.

A utilização desses mecanismos de controle tem sido observada por meio de medidas cinemáticas. Assume-se que as características do início da trajetória até o pico de velocidade refletem o pré-planejamento da ação (KHAN *et al.*, 2006), pois diminuiria o tempo para utilizar o mecanismo de *feedback on-line*. Já as modificações nas porções finais da trajetória, após o pico de velocidade (com alterações na curva de aceleração) são associadas à processos relacionados a correções no movimento – *feedback on-line* (ELLIOTT *et al.*, 2010; KHAN *et al.*, 2006; MEYER *et al.*, 1988). Estes mecanismos de controle foram observados no trabalho de Miguel-Junqueira (2012) com uma tarefa de movimento direcionado à meta que, quando a perturbação era conhecida (distorção do *feedback* visual), houve aumento do tempo para o pico de velocidade e, conseqüentemente, diminuição do tempo para correções via *feedback on-line*.

As características cinemáticas da ação podem se modificar em função das demandas da tarefa (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999). Esta posição tem encontrado suporte em estudos que utilizam tarefas que envolvem movimento direcionado à meta (ELLIOTT *et al.*, 2004; FERNANDEZ; WARREN; BOOTSMA, 2006; HANSEN; ELLIOTT, 2009). Existem ainda outros fatores relacionados à esta tarefa que podem ser manipulados de modo a causar perturbação e, assim, gerar a necessidade de adaptação, que geralmente é analisada através das alterações nos mecanismos de controle pré-planejamento e/ou *feedback on-line*. De maneira geral, estes fatores estão associados com as informações sensoriais relacionadas à tarefa como número de alvos (BOCK; SCHMITZ, 2011); posição dos alvos (ELLIOTT *et al.*, 1995; LAGE *et al.*, 2012); tamanho do alvo (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999; SEIDLER; NOLL; THIERS, 2004); peso do alvo (ELLIOTT *et al.*, 2004); aplicação de força a um braço mecânico (SCHEIDT; DINGWELL; MUSSA-IVALDI, 2001; SHADMEHR; MUSSA-IVALDI, 1994) tipo de perturbação

(KRAKAUER; GHEZ; GHILARDI, 2005); previsibilidade da perturbação (RICHTER *et al.*, 2004); distorção do *feedback* visual (BOCK; ABEELE; EVERSHEIM, 2003; MIGUEL-JUNQUEIRA, 2012). Estas manipulações são utilizadas porque o planejamento e a execução de movimentos da mão em direção a alvos requerem que a informação visual (informação sobre a posição da mão e a localização do alvo), após ser processada, contribua para o alcance da meta (KRAKAUER *et al.*, 2000; KAGERER; CONTREAS-VIDAL; CLARK, 2006). Estas tarefas tem demonstrado que, em função da variável manipulada, são suficientes para identificar a predominância do pré-planejamento ou do *feedback on-line* durante a sua realização.

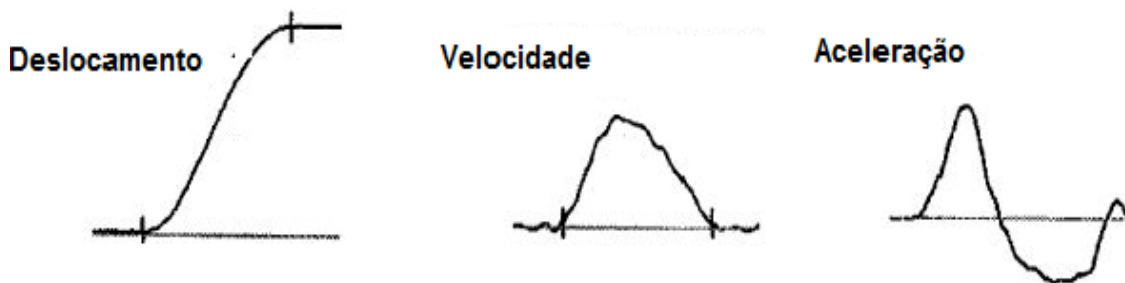
Os movimentos direcionados à meta como alcance, sequenciamento com dedos e apontamento (ELLIOTT; CHUA, 1996), caracterizam-se por movimentos rápidos e precisos nos quais uma parte do corpo desloca de uma posição inicial para uma posição final desejada (ex., ANWAR; KHAN, 2013; MEYER *et al.*, 1988). Neste tipo de tarefa o movimento é organizado de modo que a meta seja alcançada, mas também de modo que sua eficiência seja otimizada, que está ligada tanto à trajetória quanto à extensão do movimento executado (ex., ELLIOTT *et al.*, 2004). Em relação à trajetória, a análise do padrão dos movimentos executados indica que o modo mais econômico de ser realizar um apontamento é usando de trajetórias mais retilíneas possíveis em direção ao alvo (FLASH; MAOZ; POLIAKOV, 2009).

No que diz respeito à extensão, existem três possibilidades de acertar o alvo: 1) parar antes do alvo (*undershoot*) e fazer ajuste para acertá-lo; 2) ultrapassar o alvo e retornar para alcançá-lo (*overshoot*); 3) e acertar o alvo sem a segunda parte de correções. A forma mais eficiente é acertar diretamente o alvo. Quando isso não acontece, opta-se por realizar um *undershoot*, pois o custo energético é menor que o *overshoot* (ex., ELLIOTT *et al.*, 2004), caso correções sejam realizadas. Alguns estudos estabelecem como meta ter que parar o movimento dentro do alvo sem interrupção (HANSEN; ELLIOTT, 2009; MEYER *et al.*, 1988), em outros não (GENTILI *et al.*, 2010; ONG; LARSSSEN; HODGES, 2012). Considerando que nas duas possibilidades a forma mais eficiente de se alcançar a meta seria acertar diretamente o alvo, os estudos que utilizaram a tarefa de movimentos direcionados à meta sem correções fornecem mais informações sobre a melhora ou precisão do mecanismo de pré-planejamento. Por outro lado, quando a tarefa permite correções (não

é obrigado parar o movimento dentro do alvo na primeira tentativa) dá liberdade do participante optar por qual mecanismo de controle predominará na organização de seu movimento (pré-planejamento ou *feedback on-line*), e como ambos interagem no controle desta classe de movimentos.

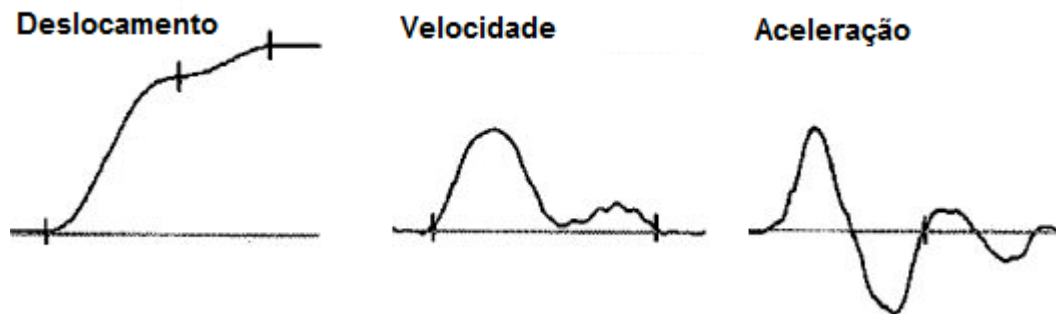
Na expectativa de entender a relação das medidas cinemáticas e mecanismos de controle em tarefas de movimentos direcionados à meta, algumas curvas serão apresentadas a seguir. Considerando a realização de um movimento retilíneo a partir de um ponto inicial em direção a um alvo fixo, o perfil cinemático esperado seria o apresentado na figura 1: curva de deslocamento ascendente; aumento da velocidade do movimento até atingir o pico e posterior diminuição até que a mão repouse no alvo; perfil senoidal da curva de aceleração que inicia com aceleração positiva, passa pelo zero e ao final tem a aceleração negativa (KHAN *et al.*, 2006).

FIGURA 1 – Perfil das curvas de deslocamento, velocidade e aceleração de um movimento direcionado à meta realizado sem correções. Adaptado de Khan *et al.* (2006).



Quando o movimento é realizado sem correções, assume-se que ele é controlado predominantemente por pré-planejamento e, nesta condição, há uma rápida e contínua modificação na posição da mão. Entretanto, quando o movimento é realizado com correções, o mecanismo predominante é o *feedback on-line*. Sendo assim, o pico de velocidade acontece mais rápido, pois é necessário sobrar mais tempo para realizar a correção. Além disso, a curva de velocidade pode apresentar mais de um pico. A curva de aceleração apresenta mais de um pico de aceleração positiva e negativa (FIGURA 2).

FIGURA 2 – Perfil das curvas de deslocamento, velocidade e aceleração de um movimento direcionado à meta realizado com correções. Adaptado de Khan *et al.* (2006).



Como em diferentes tarefas, nos movimentos direcionados à meta as medidas cinemáticas favorecem o entendimento da relação precisão e velocidade e mecanismos de controle em tarefas que envolvem movimentos direcionados à meta (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999). A meta principal neste tipo de tarefa é conseguir acertar o alvo diretamente o mais rápido possível (FLASH; MAOZ; POLIAKOV, 2009). Isto envolveria um pico de velocidade conquistado no final da execução e não haveriam correções. Este tipo de curva indica a utilização predominante do mecanismo de controle pré-planejamento (ELLIOTT *et al.*, 2010).

A outra forma menos econômica de alcançar a meta é fazer correções durante a trajetória para chegar até o alvo (MEYER, 1988), o que sugere uma primeira fase do movimento pré-planejada, mas predominante do mecanismo de controle *feedback on-line* para atingir a meta. Este comportamento está associado a mais de um pico de velocidade (ELLIOTT *et al.*, 2010), com descontinuidades na curva de aceleração (MEYER, 1988). Estas descontinuidades representam subsequentes passagens pelo zero no perfil de aceleração, após o pico de velocidade (ELLIOTT *et al.*, 2004). Na literatura encontramos dois critérios para análise do número de correções após eliminar as descontinuidades resultantes de artefato ou ruído, são eles a descontinuidade de 10% do pico de aceleração e sua duração de no mínimo 70 ms (CHUA; ELLIOTT, 1993; ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999).

Além do perfil cinemático, outras medidas também são utilizadas para obter informações sobre qual mecanismo de controle predomina durante as execuções das ações.

Estudos têm mostrado que, em tarefas de movimentos direcionados à meta, a introdução de perturbação (alterações no alvo), de forma inesperada após seu início, resulta na redução no valor do pico de velocidade, enquanto o tempo após alcançar o pico de velocidade e o tempo de movimento aumentam (HANSEN; ELLIOTT, 2009) quando comparados à tentativas sem perturbação. Estas mudanças indicam um maior custo temporal para a correção do movimento via *feedback on-line*.

Alguns dos resultados apresentados anteriormente estão relacionados a natureza de perturbações previsíveis (SHADMEHR; MUSSA-IVALDI, 1994) e outros a perturbações imprevisíveis (HANSEN; ELLIOTT, 2009). Contudo, até o momento não se conhece estudos que investigaram o comportamento na adaptação frente às perturbações previsíveis e a perturbações imprevisíveis, quando a tarefa é movimento direcionado à meta, pois conforme citado anteriormente, diante das perturbações previsíveis pode haver reorganização antes de iniciar a ação e diante das perturbações imprevisíveis somente após. Desta forma, esta é uma pergunta que ainda precisa ser investigada na área de Comportamento Motor e fundamenta um dos objetivos deste estudo. Além disso, partindo do pressuposto que a adaptação pressupõe a formação de uma estrutura (TANI, 1995; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011), responsável pelo controle da ação realizada (abordaremos este assunto adiante), ainda são poucos estudos que investigaram os efeitos da prática durante o processo de aprendizagem quando é necessário enfrentar uma perturbação (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Neste quesito, a prática mental, que auxilia na formação de uma estrutura de controle da ação, pode formar estrutura distinta daquela formada com a prática física (ex., GENTILI; PAPAXANTHIS; POZZO, 2006; GENTILI *et al.*, 2010) e resultar no uso distinto dos mecanismos de controle quando enfrenta perturbações de diferentes naturezas. Este assunto será abordado no próximo tópico.

2.2 Prática Mental

Quando um músico pensa em cada nota da sua partitura antes de uma apresentação, ou quando um atleta se prepara para mergulhar na piscina antes de uma competição, visualizando os passos necessários para executar a tarefa, eles estão imaginando um movimento sem envolver ação física (movimento implícito). Estes exemplos ilustram o que na literatura é denominada de prática mental, que pode ser entendida como a imaginação da realização de habilidades motoras na ausência de movimento observável – movimentos explícitos (MAGILL, 2007; RICHARDSON, 1967).

Prática mental é o termo mais frequentemente usado na literatura (ex., GOMES *et al.*, 2012a; GOMES *et al.*, 2012b; OVERDORF *et al.*, 2004), mas também é possível encontrar estudos que utilizam uma variedade de nomes como prática simbólica, exercício mental (WEINBERG, 1982), prática implícita (CORBIN, 1967; WEINBERG, 1982), ensaio mental (MACKAY, 1981; SUINN, 1993), imagem mental (BROUZIYNE; MOLINARO, 2005), imagem motora (ANWAR; KHAN, 2013; SCHUSTER *et al.*, 2011) e treinamento mental (GENTILI *et al.*, 2010; SAMULSKI, 2013). Independentemente do nome adotado, a inexistência de movimento correspondente à tarefa motora durante a prática mental já a torna diferente da prática física. Um dos pressupostos que desperta o interesse de pesquisadores da área de Aprendizagem Motora é que espera-se que a imaginação de um movimento possa ajudar o Sistema Nervoso Central (SNC) no processo de aprendizagem, o que pode ser utilizado posteriormente em conjunto com a execução física para melhorar o desempenho motor (GENTILI; PAPAXANTHIS; POZZO, 2006; GENTILI *et al.*, 2010).

Como exemplo, a prática mental pode ser usada em aulas de educação física e na iniciação esportiva, com o objetivo de aprender uma habilidade motora (BARELA; ISAYAMA, 1995; BROUZIYNE; MOLINARO, 2005; UGRINOWITSCH; BENDA, 2011), para o aperfeiçoamento técnico com atletas no treinamento esportivo (ADEGBESAN, 2009; FONTANI *et al.*, 2007; SHOEFELT; GRIFFITH, 2008) ou ainda para a reabilitação motora (ALLAMI *et al.*, 2008; ROOSINK; ZIJDEWIND, 2010). Devido à grande possibilidade de utilização e, principalmente, às perguntas sobre seus efeitos na

aprendizagem, esta temática é recorrente na literatura (FELTZ; LANDERS, 1983; GOMES *et al.*, 2014; JEON *et al.*, 2014; RAISBECK; WYATT; SHEA, 2012).

No geral, os estudos têm mostrado que a prática física é superior à prática mental e esta, por sua vez, superior à ausência de prática (ALLAMI *et al.*, 2008; DRISKELL; COPPER; MORAN, 1994; FELTZ, LANDERS, 1983). A superioridade da prática mental sobre a ausência de prática indica que esta forma de prática auxilia na formação de uma estrutura de controle da ação, mas que é diferente daquela formada com a prática física (ex., GENTILI; PAPAXANTHIS; POZZO, 2006; GENTILI *et al.*, 2010). E provavelmente a prática mental também conduz ao uso de mecanismos de controle diferenciados daqueles que aprendidos com a prática física (vide a diferença nos resultados quando da comparação entre prática física e mental). Apesar desta afirmação poder ser feita pelo raciocínio indutivo, a seguir serão discutidos estudos que subsidiam esta posição.

As medidas cinemáticas têm sido utilizadas para explicar o comportamento dos sujeitos através dos mecanismos de controle (ELLIOTT *et al.*, 2004; HANSEN; ELLIOTT, 2009), mas eles usaram somente a prática física em seus delineamentos. Outras pesquisas, envolvendo a prática mental na aquisição de habilidades motoras, usaram medidas cinemáticas para explicar o comportamento dos sujeitos, mas não entraram na discussão dos mecanismos de controle envolvidos.

Um exemplo é o estudo de Debarnot *et al.* (2009), com duas tarefas distintas pelo sequenciamento, cuja meta requeria direcionar manualmente a ação a alvos o mais rápido e preciso possível. As tarefas foram praticadas de forma aleatória e foram as mesmas nas três fases do experimento (pré-teste, treinamento e pós-teste). Durante o treinamento, os participantes receberam um sinal visual antes de cada tentativa indicando qual seria a próxima condição (tarefa 1 ou 2). Os resultados mostraram que, diferente do grupo controle (realizou apenas o pré e o pós-teste), os grupos de prática física e de prática mental melhoraram o desempenho na tarefa mantendo o número de sequências corretas enquanto apresentavam redução do tempo de movimento e do números de erros na trajetória, no pós-teste. Estes resultados, apesar de terem indícios de redução de correções, não fornecem medidas que permitam concluir de forma mais precisa quais foram os mecanismos de controle predominantes durante a ação, pré-planejamento ou *feedback on-line*. Apesar de não ter sido foco deste estudo discutir previsibilidade da perturbação e adaptação, a

condição ambiental usada no estudo foi previsível, pois a ocorrência da mudança pôde ser identificada antes do início do movimento. Outros estudos foram mais claros e seus resultados foram relacionados com mecanismos de controle, como poderá ser observado a seguir.

Gentili, Papaxanthis e Pozzo (2006), usaram duas tarefas que diferiram no sequenciamento e apresentavam como meta direcionar o braço a alvos sequenciados o mais rápido e preciso possível, para comparar os efeitos da prática física com a prática mental. Os resultados mostraram que mesmo com o grupo de prática física sendo mais rápido que o grupo de prática mental, os dois grupos reduziram o tempo de movimento e aumentaram o pico de aceleração na comparação entre o pré e pós-teste. Em outro estudo, Gentili *et al.*, (2010), utilizaram tarefas semelhantes e identificaram que o grupo de prática física foi mais rápido que o grupo de prática mental apresentando valores superiores de pico de velocidade e de pico de aceleração. Entretanto, os dois grupos de prática aumentaram o pico de velocidade e o pico de aceleração, além de reduzirem o tempo de movimento em função da melhora na precisão no pós-teste. Diferente de Debarnot *et al.* (2009), os estudos de Gentili, Papaxanthis e Pozzo (2006) e Gentili *et al.*, (2010), fundamentaram seus resultados a mecanismos de controle relacionados a modelos internos em condições previsíveis, conforme o delineamento utilizado.

Ao observar as medidas de tempo de movimento, pico de aceleração e pico de velocidade, os autores propuseram que durante a prática física, o modelo interno inverso, respectivo às restrições de velocidade/precisão impostas pela tarefa, emitiu comandos motores necessários para direcionar o braço a partir do estado desejado; o modelo interno *forward* usou os sinais sensoriais do estado real do braço (e.x., posição, tempo, velocidade) para estimar os estados futuros. Durante a prática mental, comandos motores foram preparados pelo modelo inverso, apesar de serem bloqueados antes de chegarem ao nível muscular. No entanto, uma cópia destes comandos motores (cópia eferente) ficou disponível para o modelo *forward*, que estimou os estados futuros do braço e, quando a prática física foi requerida após a prática mental, o modelo *forward* disponível foi utilizado. Nesta perspectiva, a possibilidade de estimar os estados futuros do efector durante a prática mental pode reforçar a ligação funcional entre os modelos inversos e *forward*, como na prática física. Esta associação implícita de modelos inversos e *forward* pode proporcionar

uma melhoria do desempenho motor no futuro durante a prática física, como foi observado nos resultados dos estudos em questão.

Apesar da prática mental ter proporcionado efeitos positivos na aprendizagem da tarefa, a prática física foi mais efetiva que a prática mental resultando em maior velocidade na ação e melhora na precisão. Uma das principais diferenças entre a prática física e a prática mental é a ausência de *feedback* sensorial (extrínseco) sobre o movimento imaginado na prática mental. Apesar deste tipo de prática poder usar *feedback* interno através do modelo *forward*, o que ajuda a estimar estados futuros do efector, esta estimativa pode ser significativamente melhorada (KARNIEL *et al.*, 2002), quando o modelo *forward* envia dados de informação sensorial decorrente da ação (*feedback* extrínseco) para o modelo inverso que atualiza o comando motor, que novamente é encaminhado para modelo *forward*. Isto acontece apenas na condição de prática física, o que justifica a superioridade deste tipo de prática quando comparado com a prática mental, podendo explicar também que a prática mental ajuda na formação de uma estrutura de controle da habilidade, mas que é diferente daquela formada com a prática física.

Além disso, durante a prática mental estima-se que o modelo inverso tenha predominado sobre o modelo *forward* porque mesmo usando *feedback* interno para efetuar correções no modelo *forward*, quando o modelo inverso atualiza o comando motor com estas informações e o estado futuro do efector é estimado, este estará associado a uma execução correta da habilidade (e.x., a imaginação do movimento deve ser sempre correta). Por outro lado, no pós-teste parece que o modelo *forward* predominou para ambos os grupos, estimando estados futuros a partir da relação dos comandos motores emitidos pelo modelo inverso com o *feedback* sensorial, possibilitando correções precisas e movimentos rápidos.

2.2.1 Prática Mental e Adaptação Motora

Apesar de os estudos de adaptação no comportamento motor terem ganho força no final da década de 1990 (ex., ELLIOTT *et al.*, 1995), somente recentemente foram

encontrados estudos que investigam o efeito de fatores que influenciam a aprendizagem de habilidades motoras na adaptação, e aqui particularmente sobre a prática mental (ANWAR; TOMI; ITO, 2009; 2011; ANWAR; KHAN, 2013). Nos estudos citados, ao comparar a prática mental mais a física com a prática física, ambos tipos de prática levaram à adaptação quando inseridas as perturbações. A tarefa usada nestes estudos foi mover manualmente um braço robótico direcionando-o a oito alvos diferentes. Os delineamentos constaram de um grupo que alternava a prática mental e a prática física (prática combinada) e outro somente com a prática física. Existiram três fases de prática: uma fase sem perturbação, seguida pela fase com tentativas consecutivas de perturbação e na última fase a perturbação foi retirada (com um delineamento característico para investigar o *after effect*). A perturbação foi inserida antes do início da ação e correspondeu a apresentação de um campo de força imposto no braço robótico causando mudança na velocidade e direção (direita ou esquerda) da ação. Pelas características apresentadas, infere-se que a natureza da perturbação utilizada nestes estudos foi previsível.

Os resultados mostraram que quando a perturbação foi retirada, o grupo que usou a imagem motora (prática combinada) apresentou menor erro na trajetória comparado ao grupo de prática física, mas o número de acertos ao alvo foi semelhante. Pode-se inferir por meio desses resultados que o uso da imagem motora beneficiou o grupo de prática combinada que precisou fazer pequenos ajustes, poucas correções para se alcançar à meta. A superioridade da prática combinada sobre a prática física é um resultado diferente do estudo de Ong, Larssen e Hodges (2012) que encontraram similaridade entre a prática combinada e prática física no número de correções na trajetória, mas em ambos os estudos a prática mental contribuiu para a adaptação quando esteve combinada à prática física.

Anwar, Tomi e Ito (2009; 2011) e Anwar e Khan (2013), explicam que durante a prática mental e a prática física, os modelos internos inverso e *forward* foram responsáveis pelo controle do movimento imaginado ou movimento executado. Os autores não especificam, mas parece que ao retirar a perturbação previsível houve uma adequação de um determinado modelo interno (inverso e *forward*), relacionado às especificidades da perturbação para o cumprimento adequado da nova tarefa solicitada (ausência de perturbação) (WOLPERT, 1997), proporcionando assim a adaptação motora. Em tempo, os resultados não permitem inferir sobre a predominância da utilização de um modelo interno

(inverso e *forward*) sobre o outro apenas pela observação da redução do número de erros na trajetória.

Diferente dos estudos anteriormente mencionados (ANWAR; TOMI; ITO, 2009; 2011; ANWAR; KHAN, 2013), Ong, Larssen e Hodges (2012) compararam a prática mental com a prática física mas a prática mental não proporcionou adaptação quando submetida a perturbações. A tarefa foi mover manualmente um cursor direcionando-o a cinco alvos diferentes. Três grupos de prática constituíram o delineamento: 1) grupo prática mental, 2) grupo prática física, 3) grupo prática combinada (75% das tentativas eram de prática mental e 25% de prática física). Existiram três fases de prática: uma fase sem perturbação, seguida pela fase com tentativas consecutivas de perturbação e na última fase a perturbação foi retirada (com um delineamento característico para investigar o *after effect*). A perturbação inserida na tarefa foi distorção da informação visual fazendo com que o movimento do cursor na tela fosse diferente (distorcido em 30°) do executado pelo sujeito.

Quando a perturbação foi retirada, apenas os grupos de prática física e prática combinada reduziram o erro na trajetória, o que indica que a prática mental isolada não foi efetiva na adaptação a perturbações. Mas quando a prática mental esteve combinada com a prática física proporcionou pequenos ajustes, poucas correções para se alcançar a meta, como a prática física. Segundo os autores, a prática mental (isolada) contribuiu para o planejamento do movimento utilizando predominantemente o modelo *forward* na predição de estado futuro do efetor a partir dos comando motores existentes. Quando uma nova tarefa foi requisitada (retirada da distorção visual) não houve adequação de um determinado modelo interno (inverso e *forward*) baseado na ausência de *feedback* sensorial para o cumprimento de uma nova tarefa usando a prática física e o *feedback* sensorial na organização do movimento. Contudo, a prática mental combinada à prática física, assim como a prática física isolada, proporcionaram adequação de um determinado modelo interno (inverso e *forward*), relacionado às especificidades da perturbação para o cumprimento adequado da nova tarefa solicitada (ausência de perturbação) (WOLPERT, 1997), proporcionando assim a adaptação motora.

Os estudos supracitados mostraram efeitos da prática mental na adaptação quando esta esteve combinada com a prática física. As perturbações eram previsíveis,

inseridas consecutivamente antes do início da ação. E estes estudos não tiveram como meta investigar os mecanismos de controle utilizados quando a habilidade é aprendida com a prática mental, quando é necessária a sua reorganização em função da inserção de uma perturbação. Em outras palavras, os estudos descreveram o comportamento mas não explicaram o controle dos mesmos, principalmente a diferença resultante entre os dois tipos de prática. Além disso, dos estudos revisados não foi encontrada relação dos mecanismos de controle utilizados na execução e a natureza da perturbação que é enfrentada quando a prática mental é utilizada para aprender a tarefa.

Partindo da proposta de Tani (1995; 2005) de que adaptação pressupõe a formação de alguma estrutura que controla a ação, o que tem suporte nos estudos de Ugrinowitsch *et al.*, (2011) e Ugrinowitsch *et al.*, (2014), algumas questões emergem: os fatores que influenciam na aprendizagem de habilidades motoras (e.g., prática mental) também resultará em diferentes comportamentos frente à perturbações? Se a natureza da perturbação influencia na adaptação, a prática mental teria diferentes efeitos frente à perturbações de diferente natureza? Se a prática mental tem diferentes efeitos na aprendizagem de habilidades, os mecanismos de controle utilizados durante a execução devem ser distintos. Como a prática mental influencia nos mecanismos utilizados quando são inseridas perturbações de diferentes naturezas (relacionadas à previsibilidade)? Todas estas perguntas ainda não foram respondidas justificando a necessidade de novos estudos explorando a temática prática mental e adaptação motora.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Verificar os efeitos da prática mental na adaptação motora a perturbações previsíveis e a perturbações imprevisíveis.

3.2 Objetivos específicos

1) Investigar se a prática mental influencia a adaptação quando inseridas perturbações previsíveis;

2) Investigar se a prática mental influencia a adaptação quando inseridas perturbações imprevisíveis;

3) Investigar se a prática mental influencia os mecanismos de controle da ação quando inseridas perturbações previsíveis;

4) Investigar se a prática mental influencia os mecanismos de controle da ação quando inseridas perturbações imprevisíveis.

4 HIPÓTESES DE ESTUDO

Perturbações previsíveis

Devido à possibilidade de organizarem a ação relativa às novas demandas (i.e., perturbação) antes de iniciar o movimento da tarefa, as hipóteses deste estudo são:

Hipótese 1: O desempenho dos grupos que tiveram prática física e prática mental será semelhante e não será afetado pela apresentação das perturbações, observado nas medidas de número de acertos ao alvo e do tempo de movimento.

Hipótese 2: O mecanismo de controle predominante será semelhante nos dois grupos experimentais, observado nas medidas tempo para o pico de velocidade, tempo de reação, tempo após o pico de velocidade e número de correções.

Perturbações imprevisíveis

Devido à necessidade de organizarem a ação relativa às novas demandas (i.e., perturbação) somente após iniciar o movimento da tarefa, as hipóteses deste estudo são:

Hipótese 1: O desempenho do grupo que teve prática física será superior ao desempenho dos demais grupos na presença das perturbações, observado nas medidas de número de acertos ao alvo e do tempo de movimento. O grupo de prática mental terá desempenho superior ao desempenho do grupo controle.

Hipótese 2: O mecanismo de controle predominante no grupo de prática física será diferente do grupo de prática mental, observado nas medidas tempo para o pico de velocidade, tempo de reação, tempo após o pico de velocidade e número de correções.

5 MÉTODO

Para atingir o objetivo deste estudo, foram realizados dois experimentos, em que os participantes foram submetidos a uma fase de prática, e posteriormente a uma fase de exposição a perturbações (FONSECA *et al.*, 2012; LEITE, 2014; LOSCHIAVO-ALVARES *et al.*, em fase de pré-publicação). Em ambos experimentos, os participantes praticaram uma tarefa de movimento direcionado ao alvo, com a manipulação de dois tipos de prática: física e mental. Posteriormente, ambos os grupos foram expostos a outra fase de prática que envolveu tentativas de perturbações intercaladas com tentativas controle – situação idêntica à primeira fase. No experimento 1 as perturbações da fase de exposição eram previsíveis, e no experimento 2 elas eram imprevisíveis para os participantes. A manipulação da previsibilidade da perturbação foi garantida com o participante sabendo, previamente ao início da tentativa, quando haveria a perturbação e qual a sua direção no primeiro experimento. No segundo experimento não havia informação alguma relativa à quando e qual a direção da perturbação. Ao considerar que diferentes naturezas da perturbação podem conduzir a adaptações distintas (RICHTER *et al.*, 2004), a observação do comportamento motor frente a perturbações previsíveis (experimento 1) e frente a perturbações imprevisíveis (experimento 2), separadamente, permite inferir quanto um comportamento é diferente do outro sem a interferência da natureza de uma perturbação sobre a outra (ex., LEITE, 2014; LOSCHIAVO-ALVARES *et al.*, em fase de pré-publicação), o que poderia ofuscar as reais diferenças. Por último, o objetivo do estudo é entender os efeitos da prática mental (manipulada na primeira fase do experimento) na adaptação aos dois tipos de perturbações, manipuladas na segunda fase. Os dois experimentos serão detalhados a seguir.

O número de participantes por grupo (n=16) foi definido pelo cálculo amostral realizado a partir de um estudo piloto que utilizou seis participantes em cada grupo. Os cálculos foram realizados no software *GPower* 3.1, foi utilizando um poder estatístico de 80%, nível de significância de 5%. Seis medidas foram analisadas e a medida que apresentou maior coeficiente de variação foi adotada. Assim, participaram do estudo 96 voluntários, sendo 48 em cada experimento.

5.1 Experimento 1 – Perturbações previsíveis

Os objetivos específicos 1 e 3 foram considerados neste experimento: 1) investigar se a prática mental influencia a adaptação quando inseridas perturbações previsíveis; 3) investigar se a prática mental influencia os mecanismos de controle da ação quando inseridas perturbações previsíveis.

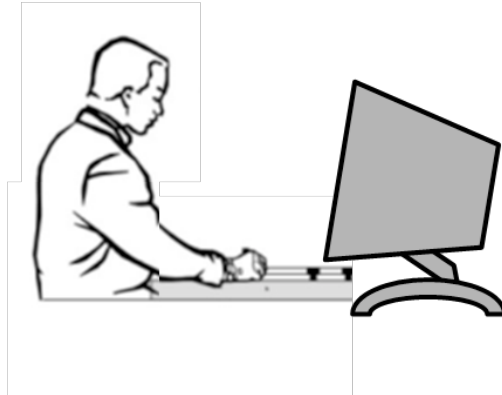
5.1.1 Amostra

Participaram deste experimento 48 universitários, de ambos os sexos, com idade média de $23,44 \pm 4,5$ anos, que auto reportaram como tendo a mão preferencial a direita (procedimento similar à Marinovic, Plooy e Tresilian, 2010), tinham visão normal ou corrigida e eram inexperientes na tarefa. Anteriormente à participação no estudo, todos os voluntários forneceram consentimento livre e esclarecido de participação de acordo com o termo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – COEP/UFMG (CAAE – 0401.0.203.000-11).

5.1.2 Aparelho e tarefa

O instrumento foi composto de um computador notebook PC Dell Intel Core-Duo 2, um monitor 13,4’’ (LG 60 Hz), duas caixas de som. Acoplado ao computador, foi utilizada também uma mesa digitalizadora (*tablet*) com dispositivo *wireless* e sensível à pressão (WACON-INTUOS 3 – 9 x 12), com frequência de captura de 200 Hz; uma caneta digital (INTUOS 3) compatível com o *tablet*; uma mesa de madeira e uma cadeira com regulagem de altura. Uma rotina foi desenvolvida no ambiente LABVIEW, utilizando o sistema operacional Windows 7, para controlar a tarefa, medir e armazenar os dados. O monitor do computador foi posicionado perpendicular ao *tablet* e de frente para o participante (FIGURA 3). A distância entre a tela do computador e o participante foi de aproximadamente 70 cm.

FIGURA 3 – Vista lateral dos instrumentos (adaptado de PROTEAU; ROUJOULA; MESSIER, 2009).



A tarefa foi realizar um traço o mais rápido e preciso possível no *tablet*, que solicitou partir da posição I localizado no centro da tela do monitor e atingir o alvo posicionado à sua direita (FIGURA 4). Os participantes deveriam acertar o alvo, mas sem a obrigatoriedade de parar o cursor dentro do alvo. Os movimentos foram realizados a partir da linha média do corpo para a direita.

FIGURA 4 – Vista frontal dos instrumentos (adaptado de CUNNINGHAM, 1989).



Mais especificamente, o participante deslocou a caneta sobre o *tablet* partindo de um ponto inicial (ponto I, na FIGURA 4), localizado no centro da tela do computador (tanto no plano vertical quanto no horizontal), em direção a um alvo posicionado a 0° e a

direita do ponto inicial. A distância entre o ponto inicial e o alvo era 10 cm, e o ponto central e o alvo tinham um diâmetro de 0,3 cm. Isto conferiu um índice de dificuldade (ID) de 6,06 bits, visto que $ID = -\log_2 (W/2A)$ de acordo com o cálculo proposto por Fitts (1954). Nesta fórmula, W representa a largura do alvo e A corresponde a distância entre os alvos.

O movimento realizado no *tablet* aparecia na tela do monitor, em tempo real, através de um cursor em cor preta. Antes de cada tentativa dois círculos surgiam na tela: um círculo vermelho, (ponto inicial) e um círculo azul (alvo), este era o comando “prepara”. Neste momento, o participante devia colocar a caneta eletrônica sobre o *tablet* na posição correspondente ao ponto inicial e então aguardar pelo sinal que autorizava o “início” da tentativa: o círculo vermelho mudava sua cor para verde e um estímulo sonoro (bip) era emitido simultaneamente. O tempo entre a aparição do círculo vermelho e sua mudança para a cor verde variou aleatoriamente entre 2,1 e 2,9 segundos, para garantir que as pessoas não saberiam, precisamente, o tempo de intervalo entre o comando “prepara” e o comando “iniciar”, evitando antecipação do movimento.

No momento em que o alvo era atingido, aparecia sobre ele a palavra “Acertou!” e o alvo desapareceria da tela imediatamente indicando o final da tentativa. Caso o alvo não fosse atingido dentro do tempo estipulado (1,1 segundos), a tentativa era interrompida e o alvo desaparecia da tela. Em seguida, o participante deveria aguardar a aparição dos dois círculos novamente na tela (tempo pré-estabelecido em 2 segundos) para se preparar para a próxima tentativa.

Os participantes foram orientados a utilizar sua mão preferencial e executar o movimento o mais rápido e preciso possível em direção ao alvo para atingi-lo, mantendo o olhar na tela do monitor. Caso o alvo não fosse atingido no primeiro movimento, o participante deveria tentar corrigir e acertar o alvo o mais rápido possível dentro do tempo delimitado da tarefa. O critério que determinou o início da mensuração do movimento (Tempo de Movimento) era quando a aceleração atingisse a medida de $5px/s^2$, o suficiente para mover um pixel na tela do computador, o que indicava que a caneta estava em movimento. O final da tentativa foi determinado pelo momento em que a resultante das coordenadas (X e Y) apresentou um valor inferior ao diâmetro do alvo indicando que este

foi tocado ou quando o tempo total da tentativa (tempo de reação mais tempo de movimento) alcançou o tempo preestabelecido de 1,1 segundos.

Na condição prática mental foi utilizada uma alternativa para se obter o tempo que os participantes usavam para imaginar o movimento. Para isto, no comando “prepara” (especificado anteriormente), os participantes pressionavam com um dedo a tecla *enter* de um teclado numérico, retiravam o dedo da tecla no comando “iniciar” (estímulo visual e auditivo exatamente iguais aos da prática física), imaginavam a tarefa e pressionavam a tecla novamente no momento em que estivessem imaginando que estavam acertando o alvo.

5.1.3 Delineamento

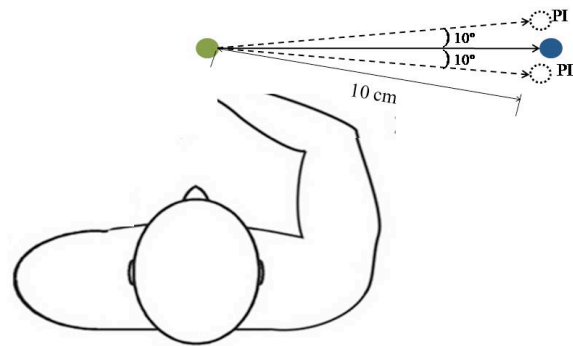
Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em três grupos (n=16) diferidos pelo tipo de prática: Grupo Prática Física (GPF), Grupo Prática Mental (GPM) e Grupo ausência de prática ou Controle (GC).

O experimento foi constituído de duas fases: pré-exposição e exposição. Na fase de pré-exposição, os participantes do GPF e GPM realizaram 200 tentativas da tarefa (acertar um alvo posicionado a 0° e a direita do ponto central) de acordo com a especificidade do tipo de prática; o GC não participou desta fase. Após um intervalo de 10 minutos iniciou a fase de exposição constituída por 126 tentativas, sendo 108 controle (mesma tarefa e características da fase de pré-exposição) e 18 tentativas com perturbações apresentadas de forma pseudo-aleatória intercaladas às tentativas controle (QUADRO 1). Nas 18 tentativas os participantes eram expostos a duas diferentes perturbações: nove tentativas de perturbação 1 (PI) nas quais o alvo foi deslocado da linha central do *tablet* (0°) para 10° acima e nove tentativas de perturbação 2 (PII) com o deslocamento do alvo da linha central do *tablet* (0°) para 10° abaixo.

O delineamento com as tentativas controle intercaladas com as perturbações foi necessário para ter parâmetros de análise das perturbações previsíveis do experimento 1 e das perturbações imprevisíveis do experimento 2. Para as duas condições de perturbação, tanto a distância entre o ponto inicial e o alvo (10cm) como a largura (0,3 cm) foram

mantidas iguais às tentativas controle, e conseqüentemente o ID da tarefa também foi mantido o mesmo (6,06 bits) durante todo o experimento (FIGURA 5). Nas tentativas com perturbação, esta foi inserida imediatamente após o início do movimento, quando a aceleração do movimento atingia o valor de 5px/s^2 .

FIGURA 5 – Ilustração da tentativa controle e perturbações (PI e PII).



QUADRO 1 – Disposição das tentativas de perturbação (PI e PII) entre as tentativas controle (TC) na fase de exposição.

1	TC	22	TC	43	TC	64	TC	85	TC	106	TC
2	TC	23	TC	44	TC	65	TC	86	TC	107	TC
3	TC	24	TC	45	TC	66	TC	87	TC	108	TC
4	PI	25	TC	46	TC	67	TC	88	TC	109	TC
5	TC	26	TC	47	TC	68	TC	89	PII	110	PI
6	TC	27	TC	48	TC	69	TC	90	TC	111	TC
7	TC	28	PI	49	TC	70	TC	91	TC	112	TC
8	TC	29	TC	50	TC	71	TC	92	TC	113	TC
9	TC	30	TC	51	TC	72	TC	93	TC	114	TC
10	PI	31	TC	52	TC	73	PII	94	PI	115	PI
11	TC	32	TC	53	PI	74	TC	95	TC	116	TC
12	TC	33	PII	54	TC	75	TC	96	TC	117	TC
13	TC	34	TC	55	TC	76	TC	97	TC	118	TC
14	PII	35	TC	56	TC	77	PII	98	TC	119	TC
15	TC	36	TC	57	TC	78	TC	99	TC	120	TC
16	TC	37	TC	58	TC	79	TC	100	TC	121	TC
17	TC	38	TC	59	TC	80	TC	101	TC	122	TC
18	TC	39	TC	60	TC	81	TC	102	PII	123	PII
19	TC	40	TC	61	TC	82	TC	103	TC	124	TC
20	PII	41	TC	62	PII	83	TC	104	TC	125	TC
21	TC	42	PI	63	TC	84	PI	105	TC	126	TC

Nesse experimento 1, as perturbações na fase de exposição foram precedidas de dicas visuais, assumindo um aspecto previsível, procedimento similar ao adotado por RITCHER *et al.* (2004). A previsibilidade foi assegurada com a apresentação de uma seta na tela, acima (PI) ou abaixo (PII) do alvo, no momento do comando “prepara”, apontando a direção da mudança do posicionamento do alvo na tentativa seguinte. Esse procedimento foi explicado a todos os participantes antes do início da fase de exposição, assim como também foi enfatizada a necessidade de realizar o movimento o mais rápido e preciso possível, mesmo nas situações de perturbação. Esta informação visual permitia que os participantes organizassem a ação de acordo com as novas demandas da perturbação, em relação às tentativas controle, antes de iniciarem a sua execução.

5.1.4 Procedimento

A coleta de dados foi realizada em uma sala apropriada, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Os participantes foram recebidos individualmente pelo pesquisador, que informou os procedimentos gerais e caráter da pesquisa. Em seguida foi entregue ao participante o termo de consentimento livre e esclarecido para ser lido e assinado. Após este momento foi dado início às instruções para a coleta de dados.

Durante toda a parte de instrução sobre o experimento, aparelho e tarefa em cada uma das fases experimentais, os participantes permaneceram sentados em uma cadeira em frente ao aparelho. As instruções foram padronizadas e nas fases pré-exposição e exposição foi enfatizado que a tarefa somente deveria ser iniciada após o comando de “início” (mudança do ponto central da cor vermelha para verde junto à emissão de um bip); a necessidade de somente retirar a caneta do *tablet* após o término da tentativa, na condição de prática física; importância de tocar a tecla no momento em que estivesse imaginando o acerto ao alvo, na condição de prática mental; focar a atenção na tela do monitor antes e durante as tentativas; realizar o movimento o mais rápido e preciso possível. Em seguida, os participantes assistiram a um vídeo com a demonstração da tarefa a ser praticada. O grupo de prática mental ainda assistiu outro vídeo com os procedimentos específicos para à sua condição. Após conferir que não havia dúvidas quanto aos procedimentos, foi iniciada a coleta de dados.

5.1.5 Variáveis dependentes

Para as duas fases do experimento (pré-exposição e exposição), seis variáveis dependentes, 2 de desempenho e 4 de controle das ações, foram utilizadas para responder aos objetivos propostos no presente estudo, conforme segue:

Desempenho:

◆ Tempo de Movimento: intervalo de tempo entre o início e conclusão do movimento, ou seja, tempo usado para deixar o ponto inicial e alcançar o alvo ou finalizar a tentativa.

◆ Acerto ao alvo: quando a resultante das coordenadas (X e Y) apresenta um valor inferior ao diâmetro do alvo indicando que o alvo foi tocado.

As variáveis de desempenho foram utilizadas na fase de pré-exposição para identificar se os tipos de prática possibilitavam melhora no desempenho. Na fase de exposição, tempo de movimento e acerto ao alvo foram usados para verificar o desempenho frente às perturbações e se as perturbações teriam efeitos no desempenho das tentativas imediatamente posteriores a elas (FONSECA *et al.*, 2012; LEITE, 2014), possibilitando investigar a primeira hipótese deste estudo.

A prática favorece a melhora do desempenho (MAGILL, 2007) e quando se trata de uma tarefa que envolve precisão e velocidade no alcance da meta (MEYER *et al.*, 1988), a expectativa é que no início da prática ocorra uma escolha pela melhora na precisão ou velocidade (FITTS, 1954), mas com a continuação da prática aconteça um aumento na velocidade da ação (redução do tempo de movimento) em paralelo ao aumento da precisão (número de acerto ao alvo) (ELLIOTT *et al.*, 2010). Como a tarefa adotada envolve ambas, será analisada a quantidade (número) de acertos e, também, a qualidade do acerto (tempo gasto para atingir o alvo), pois um menor tempo para atingir o alvo indica melhor qualidade no planejamento executado.

Controle:

◆ Tempo de Reação: intervalo de tempo entre a apresentação de um estímulo não-antecipado até o início do movimento, ou seja, tempo entre a mudança de cor do ponto central na tela e o início da execução da tarefa. Ela possibilita inferir sobre a utilização predominante de controle via pré-planejamento (uso do tempo para reagir ao estímulo nas tentativas de pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação).

◆ Tempo para o pico de velocidade: tempo gasto entre o início do movimento e o alcance do pico de velocidade observado na curva de velocidade. Ele possibilita inferir sobre a utilização predominante de controle via pré-planejamento na execução da tarefa quando o pico de velocidade é alcançado ao final da trajetória, pois poderia não haver mais tempo para correção do movimento.

◆ Tempo após o pico de velocidade: tempo desde o pico de velocidade até o final do movimento, observado na curva de velocidade. Ele possibilita inferir sobre a utilização de controle via *feedback on-line* na execução da tarefa quando o pico de velocidade é alcançado no início da trajetória, pois permite utilizar mais tempo para correção do movimento.

◆ Número de correções: subseqüentes passagens pelo zero na curva de aceleração, após o pico de velocidade. Esta medida reflete na modificação *on-line* da trajetória do movimento utilizando o controle predominante via *feedback*. O número de correções foi adquirido a partir da avaliação de alguns critérios: a duração das flutuações na aceleração deveria ser de pelo menos 70 ms; a amplitude das flutuações na aceleração deveria ser de 10% do maior valor absoluto na aceleração (CHUA; ELLIOTT, 1993; ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999). Esta medida tem relação com tempo após o pico de velocidade, pois ela mostra como foi utilizado este tempo para a correção do movimento.

As variáveis de controle foram utilizadas na fase de pré-exposição para identificar qual mecanismo de controle predominou durante a prática física. Na fase de exposição, o tempo de reação, tempo para o pico de velocidade, tempo após o pico de velocidade e número de correções foram usados como indicadores da utilização predominante de um mecanismo de controle nas tentativas de pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação possibilitando verificar a segunda hipótese de estudo.

5.1.6 Tratamento dos dados e análise estatística

Após a organização dos dados em média (medidas relacionadas a tempo) e somatório (número de correções e acerto ao alvo), todos os dados foram conferidos quanto aos desvio de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk. As medidas de controle, tempo para o pico de velocidade e tempo após o pico de velocidade, foram obtidas a partir dos dados da

curva de deslocamento. Estes dados foram observados na resultante dos eixos x e y, e filtrados por meio do filtro Butterworth passa-baixa, segunda ordem, com frequência de corte de 10Hz.

Fase de pré-exposição

Considerando o grupo de prática física, os dados das medidas tempo de reação, tempo para o pico de velocidade e tempo após o pico de velocidade foram tratados por Teste *t* para amostras dependentes, pois os dados não apresentaram desvios significativos da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Para as medidas acerto ao alvo e número de correções, que são baseadas em contagens (frequências), foi utilizado o Modelo Linear Generalizado (GUIMARÃES; HIRAKATA, 2012). Tal modelo se aplica porque as duas medidas apresentaram desvios significativos da normalidade. O valor de “p” foi obtido pelo teste Qui-Quadrado de Wald e para detalhamento das diferenças foi utilizado o *post hoc* de Bonferroni, quando necessário.

A medida tempo de movimento, única medida com dados de dois grupos de prática (prática física e prática mental) nesta fase, foi avaliada pela ANOVA em esquema fatorial (2 grupos x 2 blocos) e o *post hoc* de Bonferroni foi utilizado para detalhamento das diferenças, quando estas foram identificadas. Nesta fase, em todas as medidas a comparação aconteceu entre o primeiro (BL1 PRÉ) e o último bloco (BL final PRÉ). Cada bloco foi constituído por 10 tentativas.

Fase de exposição

As hipóteses de estudo foram testadas a partir de análises na fase de exposição, sendo as análises separadas pelas variáveis de desempenho tempo de movimento e acerto ao alvo, e pelas variáveis de controle tempo de reação, tempo para o pico de velocidade, tempo após o pico de velocidade e números de correções. As variáveis de desempenho foram utilizadas para responder a primeira hipótese, que o desempenho dos grupos que tiveram prática física e prática mental seria semelhante e não seria afetado pela apresentação das perturbações. As variáveis de controle foram utilizadas para responder a

segunda hipótese, que o mecanismo de controle predominante seria pré-planejamento e seria semelhante nos dois grupos experimentais.

Os dois grupos de variáveis (i.e., desempenho e controle), foram organizados de forma a possibilitar o detalhamento do comportamento ao longo da fase de exposição. As medidas serão apresentadas na sequência: tempo de movimento, acerto ao alvo, tempo de reação, tempo para o pico de velocidade, tempo após o pico de velocidade, número de correções. Para cada medida, primeiramente serão apresentados os resultados relacionados às nove perturbações PI (alvo moveu da linha central do *tablet* para 10° acima) e posteriormente os resultados referentes às nove PII (alvo moveu da linha central do *tablet* para 10° baixo). Os dados foram organizados em blocos de três tentativas e compostos por tentativas imediatamente anteriores à perturbação (PRÉ), tentativas com a perturbação (P) e tentativas imediatamente após a perturbação (PÓS). Esta organização resultou em três blocos para PI (PRÉ PI 1, PI 1, PÓS PI 1 ... PRÉ PI 3, PI 3, PÓS PI 3) e três blocos para PII (PRÉ PII 1, PII 1, PÓS PII 1 ... PRÉ PII 3, PII 3, PÓS PII 3). Após esse procedimento, foi utilizado a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condição) para as medidas tempo de movimento, tempo de reação, tempo para o pico de velocidade e tempo após o pico de velocidade. Para detalhamento das diferenças foi utilizado o *post hoc* de Bonferroni, quando necessário. Para as medidas acerto ao alvo e número de correções, que são baseadas em contagens (frequências), foi utilizado o Modelo Linear Generalizado. Tal modelo se aplica porque as duas medidas apresentaram desvios significativos da normalidade. O valor de “p” foi obtido pelo teste Qui-Quadrado de Wald e para detalhamento das diferenças foi utilizado o *post hoc* de Bonferroni, quando necessário.

O nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) foi adotado nas fases de pré-exposição e exposição. As análises foram processadas no software SPSS 18.0.

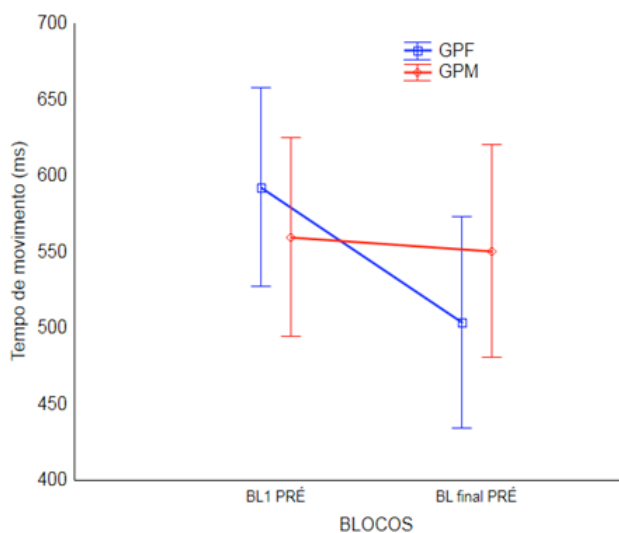
5.1.7 Resultados

Os primeiros resultados são de desempenho e controle na fase de pré-exposição. Posteriormente, serão apresentados os resultados de desempenho e controle durante a fase de exposição nas tentativas pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação,

Fase de pré-exposição

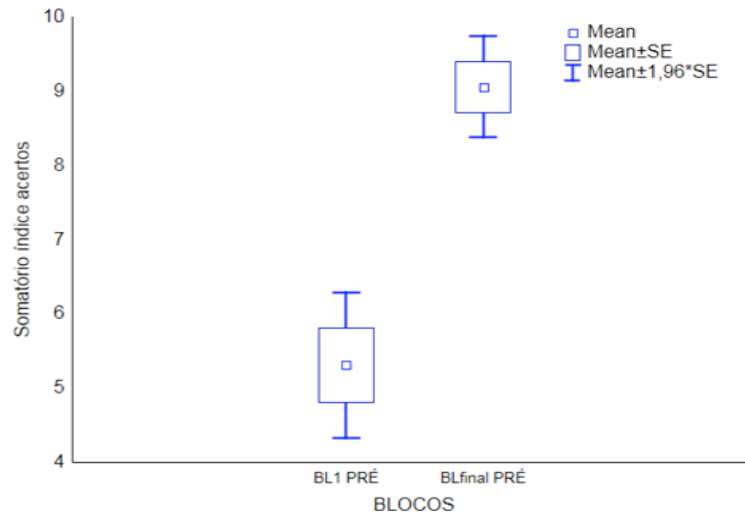
Na medida tempo de movimento, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 blocos) não mostrou diferença significativa no fator grupo ($p=0,830$), bloco ($p=0,140$) e interação grupo x bloco ($p=0,230$). Os grupos de prática física e prática mental mantiveram o tempo de movimento do início para o final da fase de pré-exposição (GRÁFICO 1).

GRÁFICO 1 – Média do tempo de movimento de dois grupos experimentais no início e final da fase de pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.



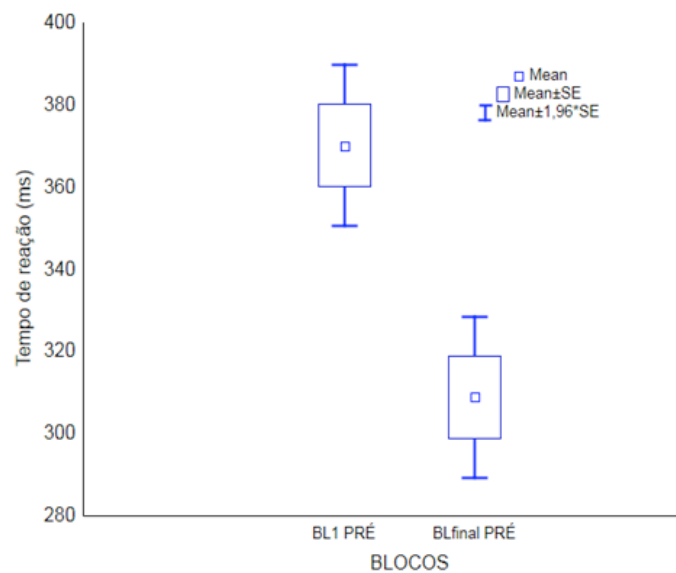
Para todas as medidas que seguem, apenas os dados do grupo de prática física foram considerados, visto que o grupo de prática mental usou a imaginação da habilidade permitindo apenas a obtenção da medida tempo de movimento apresentada acima. Na medida acerto ao alvo (GRÁFICO 2), o Modelo Linear Generalizado indicou diferença significativa entre blocos, $\chi^2(40,73, p=0,001)$. O *post hoc* detectou que o grupo de prática física aumentou o número de acertos ao alvo do início para o final da fase ($p=0,001$).

GRÁFICO 2 – Média do acerto ao alvo, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



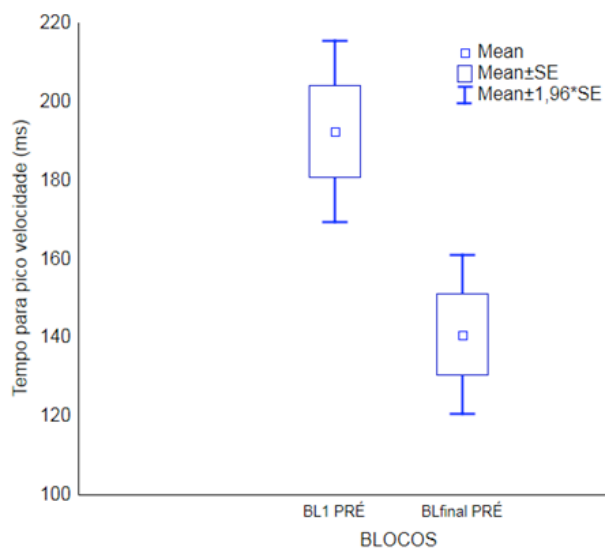
No tempo de reação, o teste t para amostras dependentes registrou diferença significativa entre os blocos, $t(gl=15)=5,26$, $p=0,001$ e o grupo de prática física reduziu o tempo de reação do início para o final da fase (GRÁFICO 3).

GRÁFICO 3 – Média do tempo de reação, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



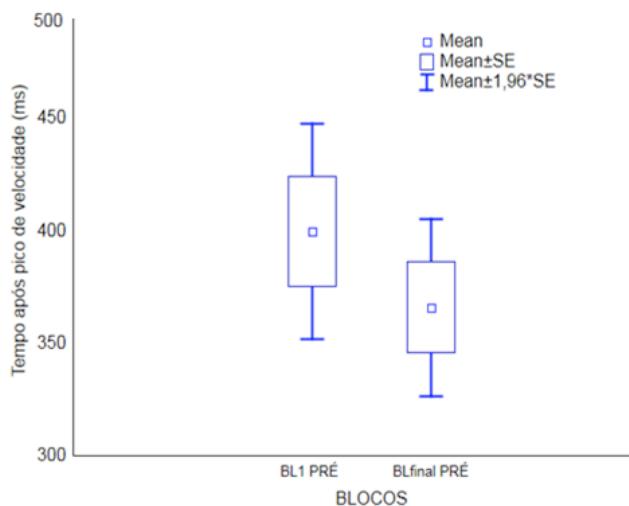
No tempo para o pico de velocidade, o teste t para amostras dependentes indicou diferença significativa entre os blocos, $t(gf=15)=4,17$, $p=0,001$ e o grupo de prática física reduziu o tempo para o pico de velocidade do início para o final da fase (GRÁFICO 4).

GRÁFICO 4 – Média do tempo para o pico de velocidade, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



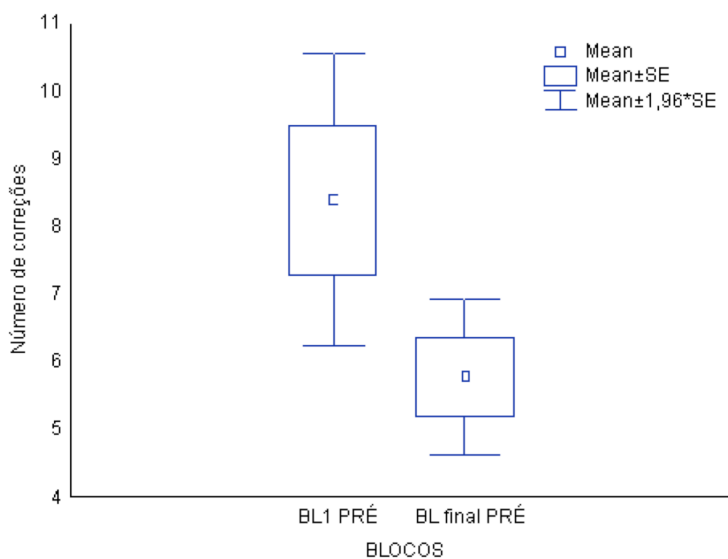
Para o tempo após o pico de velocidade, o teste t para amostras dependentes não detectou diferença significante entre os blocos, $t(gf=15)=0,98$, $p=0,340$ e o grupo de prática física manteve o tempo após o pico de velocidade do início para o final da fase (GRÁFICO 5).

GRÁFICO 5 – Média do tempo após o pico de velocidade, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



Na medida número de correções (GRÁFICO 6), o Modelo Linear Generalizado indicou diferença significativa entre blocos, $\chi^2(4,48, p=0,030)$. O *post hoc* detectou que o grupo de prática física diminuiu o número de correções do início para o final da fase ($p=0,030$).

GRÁFICO 6 – Média do número de correções, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.

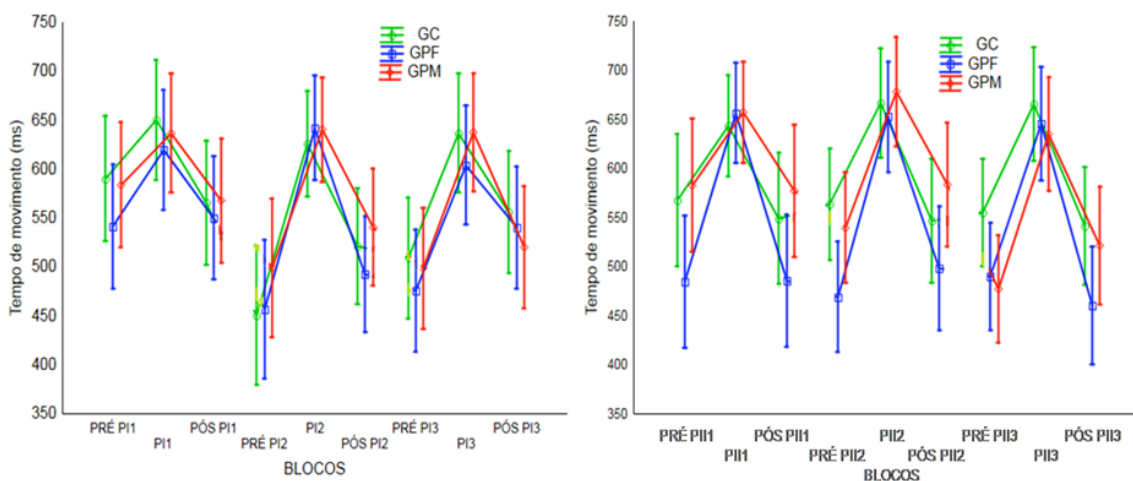


Fase de exposição a perturbações: Perturbação I e Perturbação II

As tentativas da fase de exposição foram agrupadas em blocos de três tentativas divididos em PI e PII. Para PI, na comparação inter-grupos, medida tempo de movimento (GRÁFICO 7), a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) revelou diferença significativa no fator bloco ($p=0,002$). O *post hoc* mostrou que houve redução do tempo de movimento do bloco 1 ($p=0,010$) para os blocos 2 e 3 e manutenção desta redução do tempo de movimento nos blocos 2 e 3 ($p=0,389$). Também foi observada diferença significativa no fator condição ($p=0,001$). O *post hoc* indicou que a condição perturbação apresentou maior tempo de movimento ($p=0,001$) que nas condições pré e pós-perturbação e as condições pré e pós-perturbação apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,056$).

Para PII, a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) revelou diferença significativa no fator grupo ($p=0,001$). O *post hoc* mostrou que o grupo de prática física apresentou menor tempo de movimento ($p=0,001$) comparado aos grupos de prática mental e controle, e os grupos de prática mental e controle apresentaram tempo semelhante ($p=0,638$). Também foi identificada diferença significativa no fator condição ($p=0,001$) e o *post hoc* indicou que a condição perturbação apresentou maior tempo de movimento ($p=0,001$) que as condições pré e pós-perturbação, e as condições pré e pós-perturbação apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,778$).

GRÁFICO 7 – Média do tempo de movimento, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

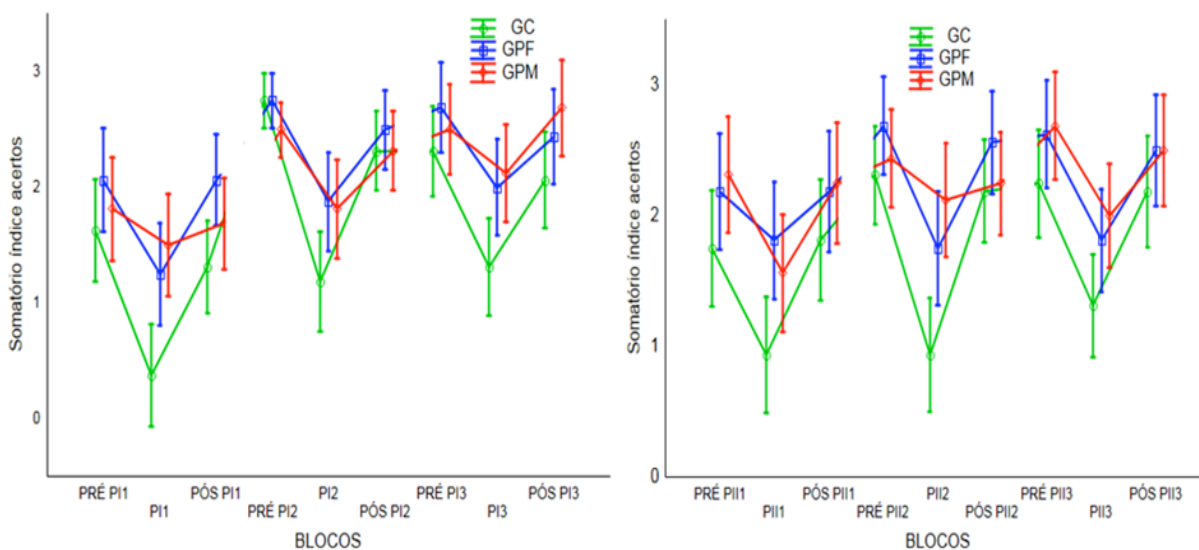


Para o acerto ao alvo (GRÁFICO 8), para PI o Modelo Linear Generalizado indicou diferença significativa entre grupos, $\chi^2(15,54, p=0,001)$. O *post hoc* detectou que o grupo de prática física apresentou precisão semelhante ao grupo de prática mental ($p=0,710$) e ambos grupos foram mais precisos comparados ao grupo controle ($p=0,001$). Diferença significativa foi observada no fator bloco, $\chi^2(26,62, p=0,001)$ e o *post hoc* registrou que bloco 1 apresentou menor precisão ($p=0,001$) comparado aos blocos 2 e 3 ($p=0,850$) que tiveram precisão semelhante. Houve interação grupo x condição, $\chi^2(9,29, p=0,050)$. O *post hoc* revelou que no grupo de prática física, a condição perturbação apresentou menor precisão comparada às condições pré-perturbação e pós-perturbação ($p=0,020$) e a precisão foi semelhante nas condições pré e pós-perturbação ($p=0,620$). O grupo de prática mental apresentou precisão semelhante nas três condições pré, perturbação e pós-perturbação ($p=0,170$). No grupo controle, a condição perturbação apresentou menor precisão comparada às condições pré-perturbação e pós-perturbação ($p=0,001$) e a precisão foi semelhante nas condições pré e pós-perturbação ($p=0,250$). Além disso, na condição perturbação os grupos prática física e prática mental apresentaram maior precisão que o

grupo controle ($p=0,001$). Nas condições pré-perturbação ($p=0,820$) e pós-perturbação ($p=0,230$) os três grupos apresentaram precisão semelhante.

Para PII, o Modelo Linear Generalizado indicou diferença significativa no fator grupo, $\chi^2(14,01, p=0,001)$. O *post hoc* especificou que o grupo de prática física apresentou precisão semelhante ao grupo de prática mental ($p=0,970$) e ambos grupos foram mais precisos que o grupo controle ($p=0,001$). Também foi identificada diferença significativa no fator condição, $\chi^2(93,43, p=0,001)$ e o *post hoc* detectou que a condição perturbação ($p=0,001$) apresentou menor precisão que as condições pré e pós-perturbação que foram semelhantes ($p=0,640$).

GRÁFICO 8 – Média do acerto ao alvo, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

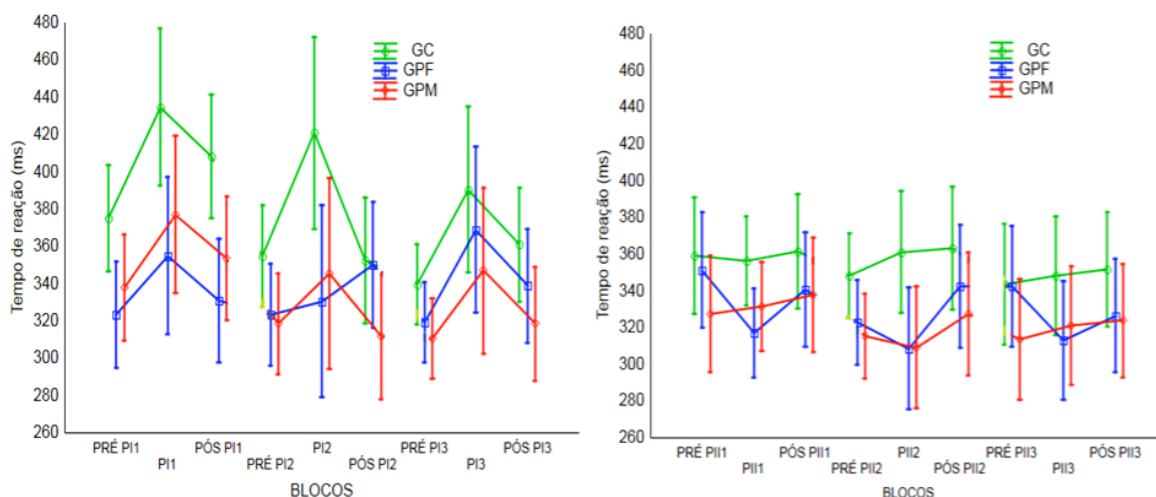


No tempo de reação (GRÁFICO 9), para PI a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) detectou diferença significativa entre grupos ($p=0,001$) e o *post hoc* mostrou que os grupos de prática física e prática mental apresentaram tempo de reação semelhante ($p=0,786$) e menor que o grupo controle ($p=0,001$). Houve diferença

significativa nos blocos ($p=0,010$) e o *post hoc* indicou que houve redução do tempo de reação do bloco 1 ($p=0,010$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 tiveram tempo semelhante ($p=0,853$). A diferença significativa observada no fator condição ($p=0,001$) foi que um maior tempo de reação foi observado na condição perturbação ($p=0,001$) comparada às condições pré e pós-perturbação, e o tempo de reação nas condições pré e pós-perturbação foi semelhante ($p=0,093$).

Para PII, a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) detectou diferença significativa apenas entre grupos ($p=0,001$) e o *post hoc* mostrou que os grupos de prática física e prática mental apresentaram tempo de reação semelhante ($p=0,358$) e menor que o grupo controle ($p=0,001$).

GRÁFICO 9 – Média do tempo de reação, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

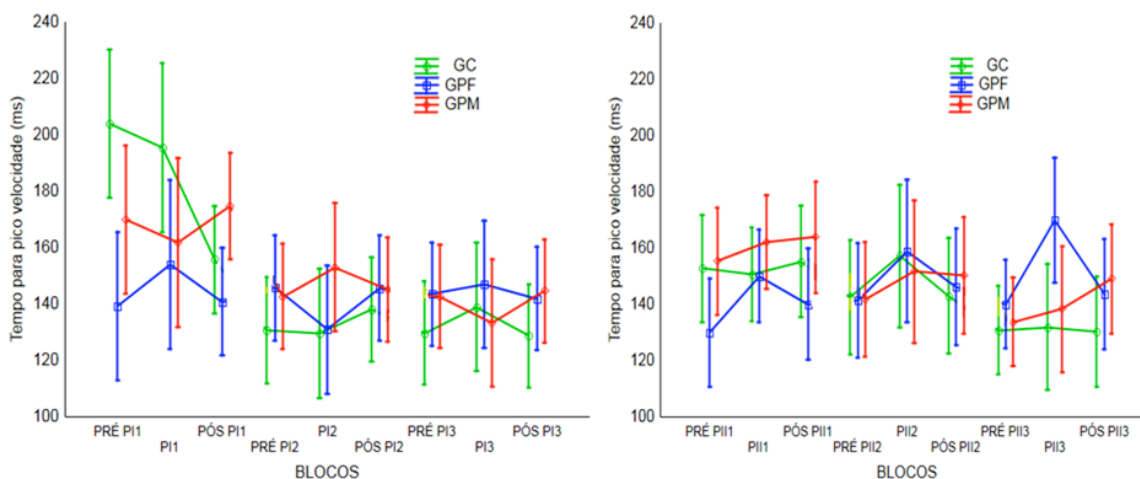


Na medida tempo para o pico de velocidade (GRÁFICO 10), para PI a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) revelou diferença significativa apenas na interação grupo x bloco ($p=0,001$). O *post hoc* especificou que o grupo de prática física apresentou um tempo para o pico de velocidade semelhante entre os três blocos de prática ($p=0,944$). O grupo de prática mental reduziu o tempo para o pico de velocidade do bloco 1 ($p=0,011$)

para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 apresentaram tempo semelhante ($p=0,435$). O grupo controle também reduziu o tempo para o pico de velocidade do bloco 1 ($p=0,001$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 apresentaram tempo semelhante ($p=0,969$). Ainda, no bloco 1, o grupo de prática física apresentou menor tempo para o pico de velocidade ($p=0,005$) comparado aos grupo de prática mental e grupo controle, e os grupos de prática mental e controle tiveram um tempo semelhante ($p=0,059$). No blocos 2, os três grupos apresentaram tempo para o pico de velocidade semelhante ($p=0,475$). O mesmo aconteceu no bloco 3 ($p=0,746$).

Para PII, a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) revelou diferença significativa no fator condição ($p=0,050$) e o *post hoc* mostrou que a condição perturbação apresentou maior tempo para o pico de velocidade que na condição pré-perturbação ($p=0,012$) mas tempo semelhante a condição pós-perturbação ($p=0,233$), e as condições pré- e pós-perturbação tiveram tempo semelhante ($p=0,191$). Também houve diferença significativa na interação grupo x bloco ($p=0,020$). O *post hoc* indicou que o grupo de prática física apresentou um tempo para o pico de velocidade semelhante entre os três blocos de prática ($p=0,267$). O grupo de prática mental reduziu o tempo para o pico de velocidade do bloco 1 ($p=0,010$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 tiveram um tempo semelhante ($p=0,337$). O grupo controle também reduziu o tempo para o pico de velocidade dos blocos 1 e 2 ($p=0,493$) para o bloco 3 ($p=0,005$). Além disso, no bloco 1 o grupo de prática física apresentou menor tempo para o pico de velocidade ($p=0,010$) comparado aos grupos de prática mental e grupo controle, e estes grupos (mental e controle) tiveram tempo similar ($p=0,338$). Nos blocos 2 ($p=0,914$) e 3 ($p=0,169$), os três grupos apresentaram tempo para o pico de velocidade semelhante.

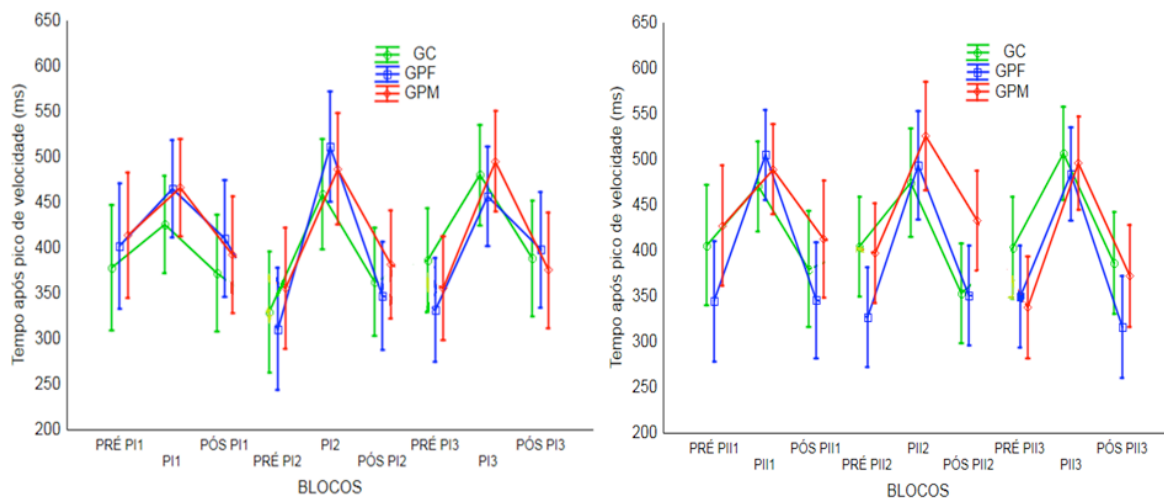
GRÁFICO 10 – Média do tempo para o pico de velocidade, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.



Na medida tempo após o pico de velocidade (GRÁFICO 11), para PI a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) indicou diferença significativa apenas no fator condição ($p=0,001$) e o *post hoc* especificou que um maior tempo após o pico de velocidade foi observado na condição perturbação ($p=0,001$) comparado as condições pré e pós-perturbação, e as condições pré e pós-perturbação apresentaram tempo após o pico de velocidade semelhante ($p=0,186$).

Para PII, a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) indicou diferença significativa no fator grupo ($p=0,006$) e o *post hoc* especificou que o grupo de prática física usou menor tempo após o pico de velocidade ($p=0,021$) comparado aos grupos de prática mental e controle, e estes apresentaram tempo semelhante ($p=0,364$). Também houve diferença significativa no fator condição ($p=0,001$) e o *post hoc* detectou que um maior tempo após o pico de velocidade foi observado na condição perturbação ($p=0,001$) comparado às condições pré e pós-perturbação, e as condições pré e pós-perturbação apresentaram tempo após o pico de velocidade semelhante ($p=0,694$).

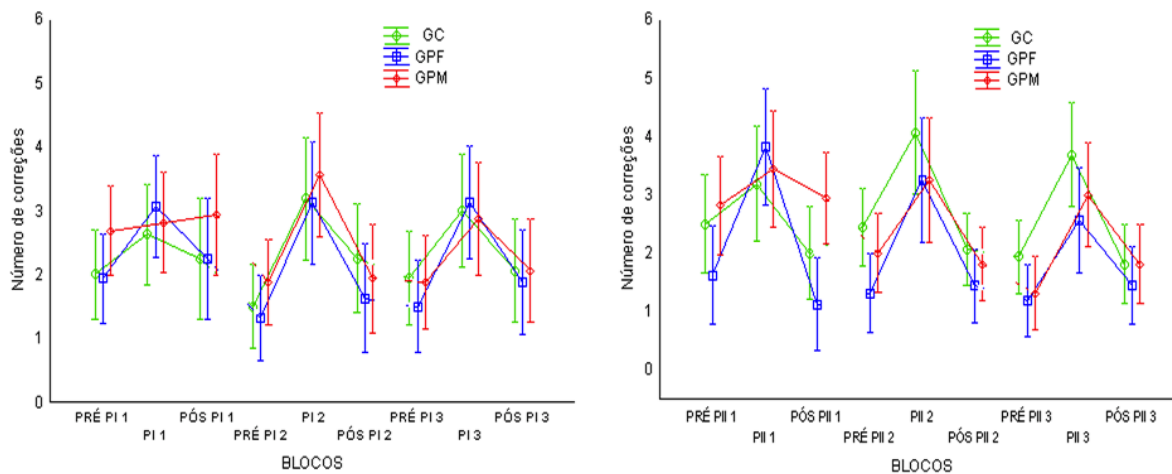
GRÁFICO 11 – Média do tempo após o pico de velocidade, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.



No número de correções (GRÁFICO 12), para PI o Modelo Linear Generalizado registrou diferença significativa no fator condição, $\chi^2(48,82, p=0,001)$. O *post hoc* detectou que na condição perturbação houve maior número de correções ($p=0,001$) comparado às condições pré e pós-perturbação e as condições pré e pós-perturbação apresentaram número de correções semelhante ($p=0,069$).

Para PII, o Modelo Linear Generalizado registrou diferença significativa no fator grupo, $\chi^2(18,19, p=0,001)$. O *post hoc* detectou que o grupo de prática física apresentou menor número de correção ($p=0,001$) que os grupos prática mental e controle, os grupos de prática mental e controle apresentaram número de correção semelhante ($p=0,410$). Houve diferença significativa no fator bloco, $\chi^2(7,66, p=0,020)$ e *post hoc* mostrou que ocorreu redução do número de correções do bloco 1 ($p=0,006$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 apresentaram número de correções semelhante ($p=0,280$). Diferença significativa no fator condição também foi observada $\chi^2(93,43, p=0,001)$ e o *post hoc* registrou maior número de correções na condição perturbação ($p=0,001$) comparada as condições pré e pós-perturbação, e as condições pré e pós-perturbação apresentaram número de correções semelhante ($p=0,730$).

GRÁFICO 12 – Média do número de correções, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.



Experimento 2 – Perturbações imprevisíveis

Os objetivos específicos 2 e 4 foram considerados neste experimento: 2) investigar se a prática mental influencia a adaptação quando inseridas perturbações imprevisíveis; 4) investigar se a prática mental influencia os mecanismos de controle da ação quando inseridas perturbações imprevisíveis.

As diferenças entre os experimentos 1 e 2 recaem sobre alguns aspectos do delineamento na fase de exposição a perturbações, quando é manipulada a variável para responder os objetivos do estudo. Os outros aspectos relacionados à tarefa, procedimento, variáveis dependentes e análise estatística foram idênticos.

5.2.1 Amostra e Delineamento

Os participantes ($n=48$), com idade média de $23,18 \pm 4,14$, diferentes do experimento 1, foram designados para um dos três grupos ($n=16$) distintos pelo tipo de prática: Grupo Prática Física (GPF), Grupo Prática Mental (GPM) e Grupo ausência de prática ou Controle (GC).

A fase de pré-exposição foi seguida da fase de exposição na qual os participantes dos três grupos executaram 126 tentativas, sendo 108 controle (mesma tarefa e características da fase de pré-exposição) e 18 tentativas com perturbações PI (nove tentativas com mudança do alvo da linha central do *tablet* para 10° acima) e PII (nove tentativas com mudança do alvo da linha central do *tablet* para 10° abaixo) no mesmo formato do experimento 1 (QUADRO 1).

Neste experimento, diferentemente do experimento 1, as perturbações tiveram caráter imprevisível, ou seja, não eram antecipáveis (FONSECA *et al.*, 2012; LEITE, 2014; LOSCHIAVO-ALVARES *et al.*, em fase de pré-publicação). Assim, não houve a apresentação das setas, na tela do monitor, indicadoras da perturbação. A Ausência de informação prévia sobre o que e quando aconteceria a mudança (perturbação), a ordem pseudo-aleatória das duas diferentes perturbações inseridas entre as tentativas controle (QUADRO 1) e a apresentação da perturbação após o início do movimento, quando a aceleração do movimento atingia o valor de 5px/s^2 , foram usados para garantir maior imprevisibilidade da perturbação. Desta forma espera-se identificar os efeitos da prática mental quando é necessário modificar o planejamento de uma ação já iniciada.

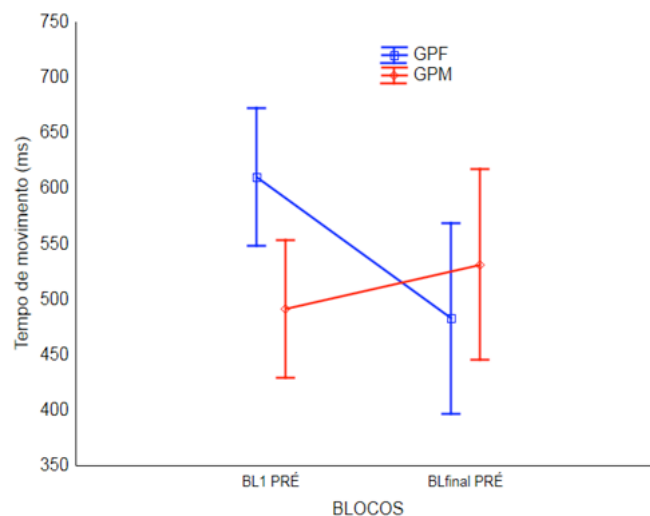
5.2.2 Resultados

Assim como no experimento 1, a ordem de apresentação dos resultados será primeiro os resultados do desempenho e controle na fase de pré-exposição. Posteriormente, serão apresentados os resultados de desempenho e controle durante a fase de exposição nas tentativas pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação, sendo primeiro os referentes às perturbações para cima (PI), e em seguida os referentes às perturbações para baixo (PII).

Fase de pré-exposição

Nesta fase, em todas as medidas a comparação aconteceu entre o primeiro (BL1 PRÉ) e o último bloco (BL final PRÉ). Cada bloco foi constituído por 10 tentativas. Na medida tempo de movimento (GRÁFICO 13), a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 blocos) mostrou diferença significativa na interação grupo x bloco ($p=0,020$), e o *post hoc* revelou que no primeiro bloco (BL1 PRÉ) o grupo de prática mental teve um tempo de movimento inferior ao tempo do grupo de prática física ($p=0,018$) mas no último bloco (BL final PRÉ) ambos grupos apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,333$). Além disso, o grupo de prática física reduziu o tempo de movimento do início para o final da fase ($p=0,011$) e o grupo de prática mental manteve o tempo de movimento do início para o final da fase ($p=0,430$).

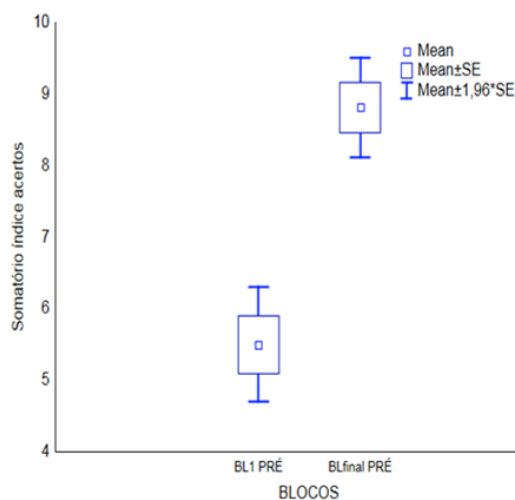
GRÁFICO 13 – Média do tempo de movimento de dois grupos experimentais no início e final da fase de pré-exposição. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.



Para todas as medidas que seguem, apenas os dados do grupo de prática física foram considerados, visto que o grupo de prática mental usou a imaginação da habilidade permitindo apenas a obtenção da medida tempo de movimento apresentada acima. Na medida acerto ao alvo (GRÁFICO 14), o Modelo Linear Generalizado indicou diferença

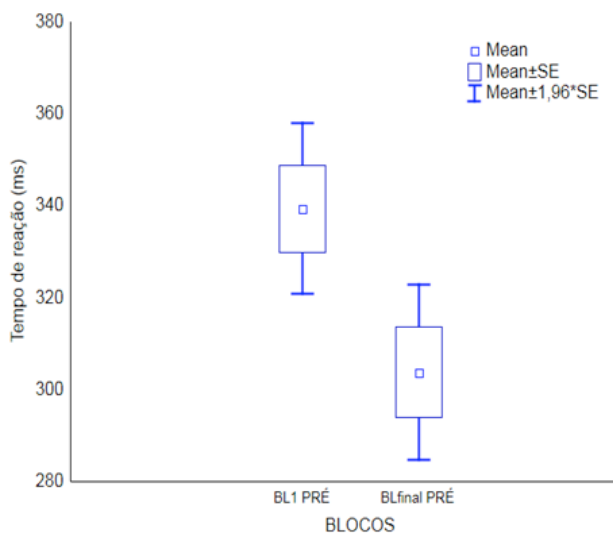
significativa entre blocos, $\chi^2(39,87, p=0,001)$. O *post hoc* detectou que o grupo de prática física aumentou o número de acertos ao alvo do início para o final da fase ($p=0,001$).

GRÁFICO 14 – Média do acerto ao alvo, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



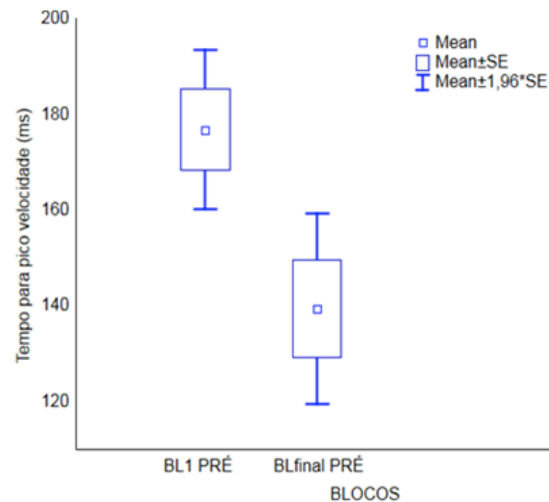
No tempo de reação, o teste t para amostras dependentes registrou diferença significativa entre os blocos, $t(gl=15)=3,62, p=0,002$ e o grupo de prática física reduziu o tempo de reação do início para o final da fase (GRÁFICO 15).

GRÁFICO 15 – Média do tempo de reação, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



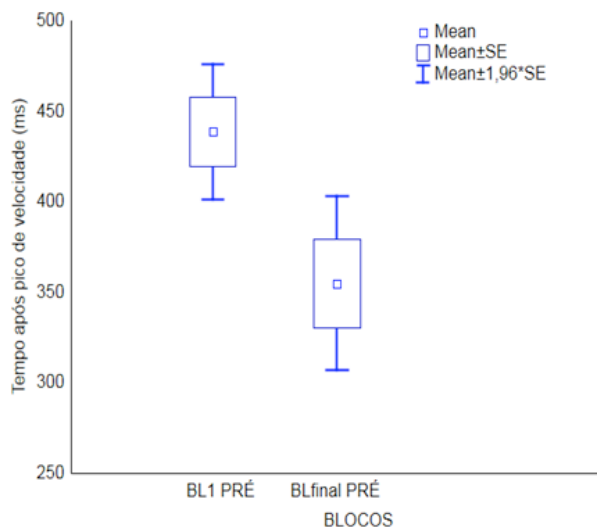
No tempo para o pico de velocidade, o teste t para amostras dependentes indicou diferença significativa entre os blocos, $t(gl=15)=3,046$, $p=0,008$ e o grupo de prática física reduziu o tempo para o pico de velocidade do início para o final da fase (GRÁFICO 16).

GRÁFICO 16 – Média do tempo para o pico de velocidade, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



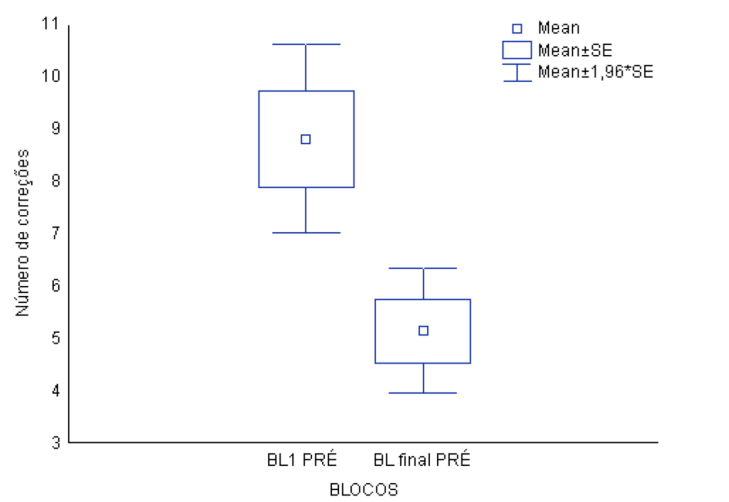
Para o tempo após o pico de velocidade, o teste t para amostras dependentes registrou diferença significativa entre os blocos, $t(gl=15)=3,11$, $p=0,007$ e o grupo de prática física reduziu o tempo após o pico de velocidade do início para o final da fase (GRÁFICO 17).

GRÁFICO 17 – Média do tempo após o pico de velocidade, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



Na medida número de correções (GRÁFICO 18), o Modelo Linear Generalizado indicou diferença significativa entre blocos, $\chi^2(11,07, p=0,001)$. O *post hoc* detectou que o grupo de prática física diminuiu o número de correções do início para o final da fase ($p=0,001$).

GRÁFICO 18 – Média do número de correções, do grupo de prática física, no início e final da fase de pré-exposição.



Fase de exposição a perturbações: Perturbação I e Perturbação II

As hipóteses de estudo foram testadas a partir de análises na fase de exposição, sendo as análises separadas em variáveis de desempenho: tempo de movimento e acerto ao alvo, e variáveis de controle (tempo de reação, tempo para o pico de velocidade, tempo após o pico de velocidade e números de correção). As variáveis de desempenho foram utilizadas para responder a primeira hipótese, o desempenho do grupo que teve prática física seria superior ao desempenho dos demais grupos na presença das perturbações e o grupo de prática mental teria desempenho superior ao do grupo controle. As variáveis de controle foram utilizadas para responder a segunda hipótese de que o mecanismo de controle predominante no grupo de prática física seria diferente do grupo de prática mental.

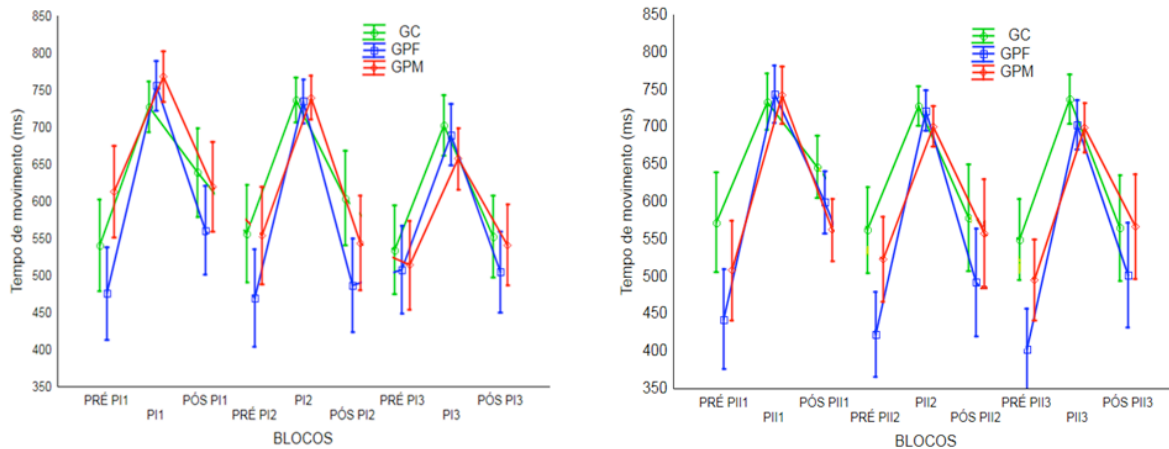
As tentativas da fase de exposição foram agrupadas em blocos de três tentativas compostos por tentativas imediatamente anteriores à perturbação (PRÉ), tentativas com a perturbação (P) e tentativas imediatamente após a perturbação (PÓS). Esta organização resultou em três blocos para PI (PRÉ PI 1, PI 1, PÓS PI 1 ... PRÉ PI 3, PI 3, PÓS PI 3) e três blocos para PII (PRÉ PII 1, PII 1, PÓS PII 1 ... PRÉ PII 3, PII 3, PÓS PII 3).

Na comparação inter-grupos, medida tempo de movimento (GRÁFICO 19), para PI a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) revelou diferença significativa no fator bloco ($p=0,001$) e o *post hoc* mostrou que houve redução do tempo de movimento do bloco 1 para os blocos 2 ($p=0,012$) e bloco 3 ($p=0,001$) e manutenção desta redução do tempo de movimento nos blocos 2 e 3 ($p=0,059$). Também foi encontrada interação significativa entre grupos x condições ($p=0,010$). O *post hoc* indicou que o grupo de prática física apresentou maior tempo de movimento na condição perturbação ($p=0,001$) que nas condições pré e pós-perturbação e as condições pré e pós-perturbação apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,119$). O grupo de prática mental apresentou maior tempo de movimento na condição perturbação ($p=0,001$) que nas condições pré e pós-perturbação e as condições pré e pós-perturbação apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,711$). O grupo controle apresentou maior tempo de movimento na condição perturbação ($p=0,001$) que nas condições pré e pós-perturbação e a condição pré-perturbação apresentou menor tempo de movimento comparada a condição pós-perturbação

($p=0,010$). Ainda, na condição perturbação os três grupo usaram um tempo de movimento semelhante ($p=0,815$), na condição pré-perturbação o grupo de prática física apresentou menor tempo de movimento ($p=0,005$) comparado aos grupos de prática mental e controle que apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,434$), e o mesmo ocorreu na condição pós perturbação, o grupo de prática física apresentou menor tempo de movimento ($p=0,016$) comparado aos grupos de prática mental e controle que apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,152$).

Para PII, a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) revelou diferença significativa no fator bloco ($p=0,008$), o *post hoc* indicou que houve redução do tempo de movimento do bloco 1 ($p=0,016$) para os blocos 2 e 3, e manutenção desta redução do tempo de movimento nos blocos 2 e 3 ($p=0,539$). Também foi encontrada diferença significativa na interação grupo x condição ($p=0,001$). O *post hoc* especificou que o grupo de prática física apresentou maior tempo de movimento na condição perturbação ($p=0,001$) que nas condições pré e pós-perturbação, e a condição pré-perturbação teve menor tempo de movimento que a condição pós-perturbação ($p=0,001$). O grupo de prática mental teve comportamento semelhante ao grupo anterior, maior tempo de movimento na condição perturbação ($p=0,001$) que nas condições pré e pós-perturbação, e a condição pré-perturbação teve menor tempo de movimento que a condição pós-perturbação ($p=0,010$). O grupo controle apresentou maior tempo de movimento na condição perturbação ($p=0,001$) que nas condições pré e pós-perturbação, e o tempo de movimento foi similar nas condições pré e pós-perturbação ($p=0,093$). Ainda, na condição perturbação os três grupos apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,667$); na condição pré-perturbação o grupo de prática física apresentou menor tempo comparado aos grupos prática mental e controle ($p=0,001$), e o grupo de prática mental teve tempo de movimento inferior ao grupo controle ($p=0,012$). Na condição pós-perturbação o grupo de prática física apresentou tempo de movimento semelhante ao grupo de prática mental ($p=0,142$) e inferior ao grupo controle ($p=0,002$), e os grupos prática mental e controle apresentaram tempo de movimento semelhante ($p=0,100$).

GRÁFICO 19 – Média do tempo de movimento, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

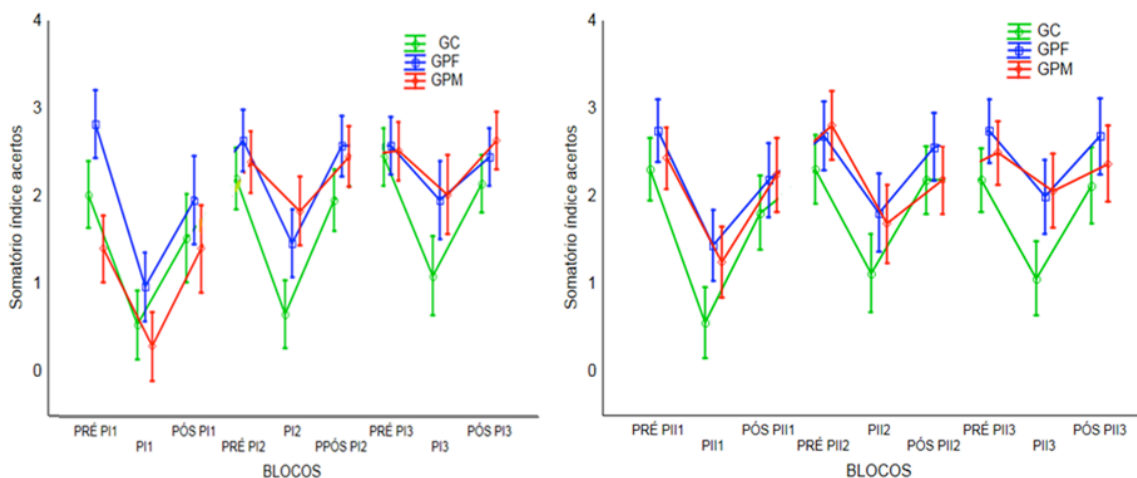


Em acerto ao alvo (GRÁFICO 20), para PI o Modelo Linear Generalizado indicou diferença significativa na interação grupo x bloco, $\chi^2(12,07, p=0,017)$ e o *post hoc* detectou que o grupo de prática física apresentou a mesma precisão nos três blocos de prática ($p=0,170$), o grupo de prática mental aumentou a precisão do bloco 1 para os blocos 2 e 3 ($p=0,001$) e o grupo controle aumentou a precisão dos blocos 1 e 2 para o bloco 3 ($p=0,020$). Ainda, no bloco 1 o grupo de prática física apresentou maior precisão que os grupos prática mental e controle ($p=0,030$); no bloco 2 o grupo de prática física apresentou precisão semelhante ao grupo de prática mental ($p=0,850$) e ambos foram mais precisos que o grupo controle ($p=0,010$); no bloco 3 os três grupos apresentaram precisão semelhante ($p=0,470$). Houve interação bloco x condição, $\chi^2(10,56, p=0,03)$. O *post hoc* detectou que no bloco 1 as condições pré e pós-perturbação tiveram precisão semelhante ($p=0,770$) e superior a condição perturbação ($p=0,010$); no bloco 2 as condições pré e pós-perturbação tiveram precisão semelhante ($p=0,730$) e superior a condição perturbação ($p=0,001$); no bloco 3 as condições pré e pós-perturbação tiveram precisão semelhante ($p=0,730$) e superiores a condição perturbação ($p=0,008$). Na condição perturbação houve melhora na precisão do bloco 1 ($p=0,001$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 apresentaram precisão semelhante ($p=0,810$), na condição pré-perturbação os três blocos apresentaram precisão semelhante ($p=0,180$) e na condição pós-perturbação houve melhora na precisão do bloco

1 ($p=0,006$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 apresentaram precisão semelhante ($p=0,770$).

Para PII, o Modelo Linear Generalizado indicou diferença significativa no fator grupo, $\chi^2(16,38, p=0,001)$ e o *post hoc* detectou que o grupo de prática física apresentou precisão semelhante ao grupo de prática mental ($p=0,400$) e ambos grupos foram mais precisos que o grupo controle ($p=0,002$). Diferença significativa foi observada também no fator blocos $\chi^2(6,14, p=0,040)$, e o *post hoc* detectou que houve aumento de precisão do bloco 1 ($p=0,030$) para os blocos 2 e 3 ($p=0,79$). Também foi observada diferença significativa no fator condição, $\chi^2(47,95, p=0,001)$, e menor precisão foi observada na condição perturbação ($p=0,001$) comparada às condições pré e pós-perturbação que foram semelhantes ($p=0,140$).

GRÁFICO 20 – Média do acerto ao alvo, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

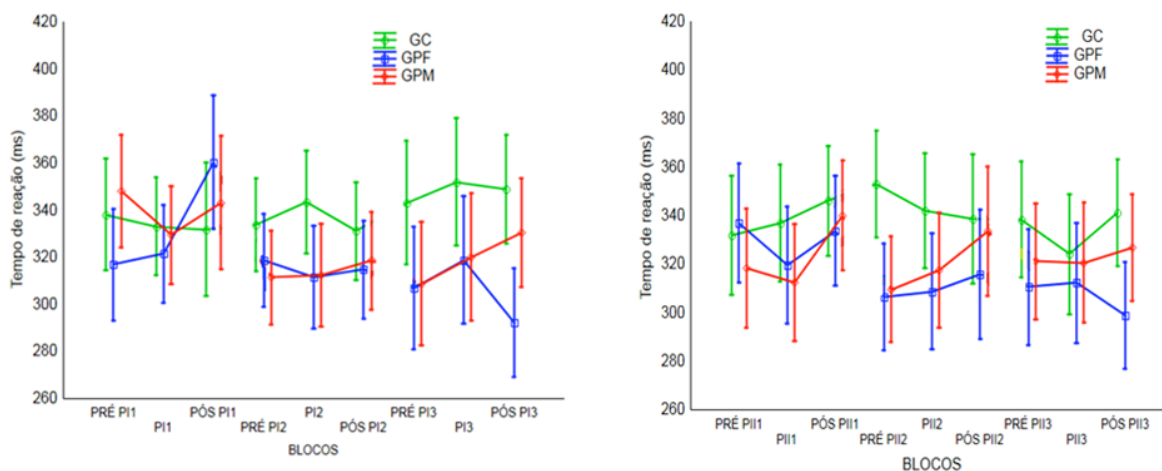


Para tempo de reação (GRÁFICO 21), em PI a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) detectou diferença significativa na interação grupo x bloco ($p=0,020$) e o *post hoc* mostrou que o grupo de prática física reduziu o tempo de reação do bloco 1 ($p=0,050$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 tiveram tempo semelhante ($p=0,334$). O

grupo de prática mental também reduziu o tempo de reação do bloco 1 ($p=0,028$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 tiveram tempo semelhante ($p=0,537$). O grupo controle teve o mesmo tempo de reação dos três blocos ($p=0,202$). Além disso, no bloco 1 os três grupos apresentaram tempo de reação semelhante ($p=0,527$), no bloco 2 o grupo de prática física teve um tempo de reação igual ao do grupo de prática mental ($p=0,924$) e ambos grupos tiveram um tempo inferior ao do grupo controle ($p=0,022$). Este comportamento se repetiu no bloco 3, o grupo de prática física teve um tempo de reação igual ao do grupo de prática mental ($p=0,137$) e ambos grupos tiveram um tempo inferior ao tempo do grupo controle ($p=0,002$).

Para PII, a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) detectou diferença significativa apenas entre grupos ($p=0,001$) e o *post hoc* mostrou que os grupos de prática física e prática mental apresentaram tempo de reação semelhante ($p=0,238$) e menor que o grupo controle ($p=0,002$).

GRÁFICO 21 – Média do tempo de reação, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

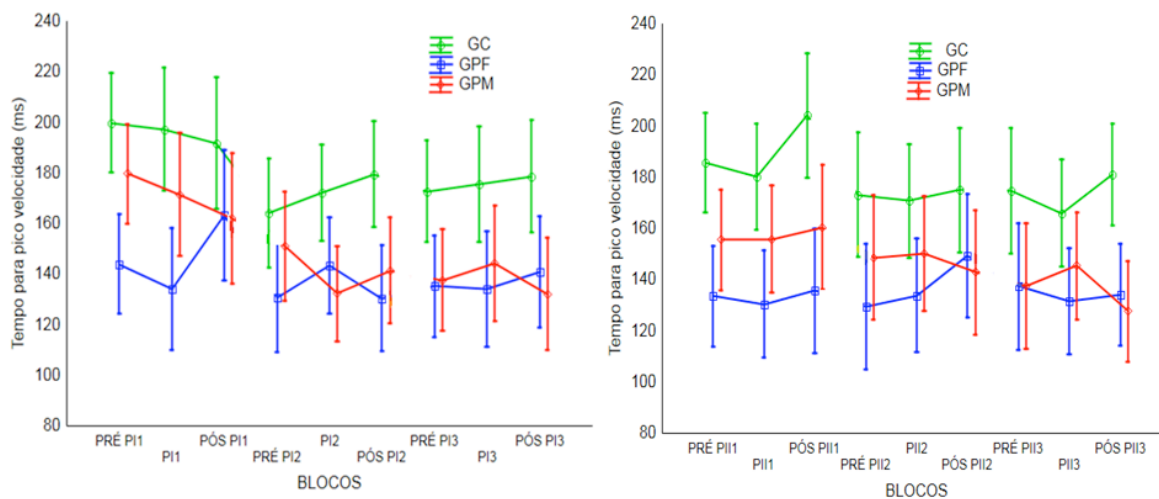


Na medida tempo para o pico de velocidade (GRÁFICO 22), para PI a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) revelou diferença significativa no fator grupo

($p=0,001$). O *post hoc* detectou que o grupo de prática física apresentou menor tempo para o pico de velocidade comparado aos grupos prática mental ($p=0,030$) e grupo controle ($p=0,001$), e o grupo de prática mental apresentou menor tempo para o pico de velocidade que o grupo controle ($p=0,001$). Diferença significativa também foi observada no fator blocos e houve redução do tempo para o pico de velocidade do bloco 1 ($p=0,001$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 tiveram tempo semelhante ($p=0,891$).

Para PII, a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) revelou diferença significativa apenas no fator grupo ($p=0,001$). O *post hoc* indicou que o grupo de prática física apresentou menor tempo para o pico de velocidade comparado aos grupos prática mental ($p=0,018$) e controle ($p=0,001$), e o grupo de prática mental apresentou menor tempo para o pico de velocidade ($p=0,001$) comparado ao grupo controle.

GRÁFICO 22 – Média do tempo para o pico de velocidade, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.

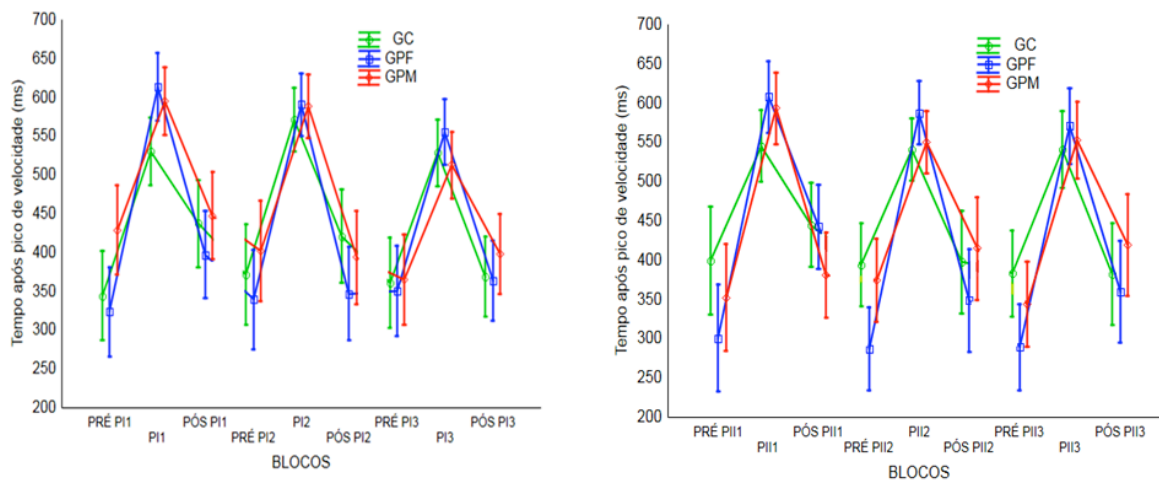


Para tempo após o pico de velocidade (GRÁFICO 23), na PI a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) indicou diferença significativa no fator bloco ($p=0,010$) e o *post hoc* especificou que houve redução do tempo após o pico de velocidade dos blocos 1 e 2, que foram semelhantes ($p=0,397$), para o bloco 3 ($p=0,004$). Também ocorreu interação significativa entre grupos x condições ($p=0,020$). O *post hoc* mostrou que o grupo

de prática física apresentou maior tempo após o pico de velocidade na condição perturbação ($p=0,001$) comparada às condições pré e pós-perturbação que tiveram tempo semelhante ($p=0,137$), o grupo de prática mental apresentou comportamento semelhante ao grupo anterior, onde maior tempo após o pico de velocidade na condição perturbação ($p=0,001$) foi observado quando comparado às condições pré e pós-perturbação que tiveram tempo semelhante ($p=0,498$), o grupo controle apresentou maior tempo após o pico de velocidade na condição perturbação ($p=0,001$) comparado as condições pré e pós-perturbação e o tempo após o pico de velocidade na condição pré-perturbação ($p=0,016$) foi inferior ao tempo observado na condição pós-perturbação. Além disso, na condição perturbação os três grupos apresentaram tempo após o pico de velocidade semelhante ($p=0,292$), na condição pré-perturbação os grupos prática física e controle apresentaram tempo após o pico de velocidade semelhante ($p=0,318$) e inferior ao tempo do grupo de prática mental ($p=0,004$). Na condição pós-perturbação os três grupos apresentaram tempo após o pico de velocidade semelhante ($p=0,056$).

Para PII, a ANOVA *three way* (grupos x blocos x condições) indicou interação significativa entre grupos x condições ($p=0,001$) e o *post hoc* detectou que no grupo de prática física o tempo após o pico de velocidade foi maior na condição perturbação ($p=0,001$) quando comparadas as condições pré e pós-perturbação, e o tempo após o pico de velocidade na condição pré-perturbação ($p=0,001$) foi inferior ao tempo na condição pós-perturbação. O grupo de prática mental apresentou maior tempo após o pico de velocidade na condição perturbação ($p=0,001$) comparado as condições pré e pós-perturbação, e o tempo após o pico de velocidade na condição pré-perturbação foi inferior ($p=0,027$) ao tempo na condição pós-perturbação. O grupo controle apresentou maior tempo após o pico de velocidade na condição perturbação ($p=0,001$) comparada às condições pré e pós-perturbação que tiveram tempo semelhante ($p=0,459$). Além disso, na condição perturbação os três grupos apresentaram tempo após o pico de velocidade semelhante ($p=0,281$). Na condição pré-perturbação o grupo de prática física apresentou menor tempo após o pico de velocidade ($p=0,003$) comparado aos grupos prática mental e controle, e estes grupos (prática mental e controle) apresentaram tempo semelhante ($p=0,108$). Na condição pós-perturbação os três grupos apresentaram tempo após o pico de velocidade semelhante ($p=0,327$).

GRÁFICO 23 – Média do tempo após o pico de velocidade, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle. Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.



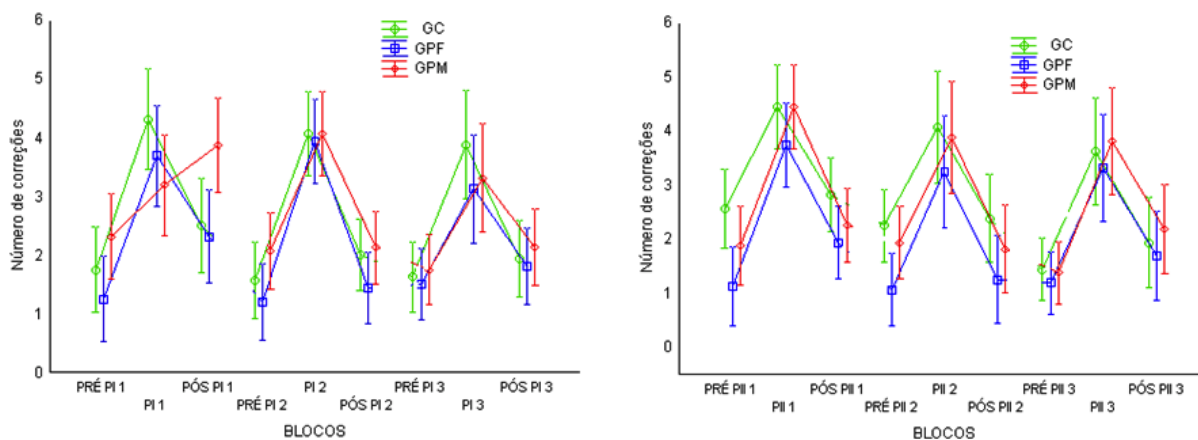
Na medida número de correções (GRÁFICO 24), para PI o Modelo Linear Generalizado registrou diferença significativa no fator grupos, $\chi^2(10,507, p=0,005)$ e o *post hoc* indicou que o grupo de prática física apresentou menor número de correções comparado aos grupos prática mental ($p=0,001$) e controle ($p=0,030$) e o grupo de prática mental apresentou número de correções semelhante ao grupo controle ($p=0,260$). Houve interação significativa entre blocos x condições, $\chi^2(9,76, p=0,040)$ e o *post hoc* especificou que no bloco 1 foi observado maior número de correções na condição perturbação comparada as condições pré ($p=0,001$) e pós-perturbação ($p=0,018$) e a condição pré-perturbação apresentou menor número de correções comparada a condição pós-perturbação ($p=0,001$). No bloco 2, foi observado maior número de correções na condição perturbação ($p=0,001$) comparada as condições pré e pós-perturbação que apresentaram número de correções semelhante ($p=0,326$). Um comportamento semelhante foi observado no bloco 3, maior número de correções na condição perturbação ($p=0,001$) comparada as condições pré e pós-perturbação que apresentaram número de correções semelhante ($p=0,224$). Ainda, nas condições perturbação ($p=0,130$) e pré-perturbação ($p=0,720$) o número de correções apresentado nos três blocos foi semelhante, mas na condição pós-perturbação o bloco 1

apresentou maior número de correções ($p=0,006$) comparado aos blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 tiveram número de correção semelhante ($p=0,650$).

Para PII, o Modelo Linear Generalizado registrou diferença significativa no fator grupo, $\chi^2(21,04, p=0,001)$. O *post hoc* detectou que o grupo de prática física apresentou menor número de correções ($p=0,001$) que os grupos prática mental e controle, os grupos de prática mental e controle apresentaram número de correções semelhante ($p=0,200$). Houve diferença significativa no fator bloco, $\chi^2(7,06, p=0,020)$ e o *post hoc* detectou redução do número de correções do bloco 1 ($p=0,010$) para os blocos 2 e 3, e os blocos 2 e 3 apresentaram número de correção semelhante ($p=0,280$). Diferença significativa no fator condição também foi observada $\chi^2(155,59, p=0,001)$ e o *post hoc* detectou que um maior número de correções aconteceu na condição perturbação ($p=0,001$) comparada as condições pré e pós-perturbação e a condição pré apresentou menor número de correções que a condição e pós-perturbação ($p=0,010$).

GRÁFICO 24 – Média do número de correções, dos grupos de prática física, prática mental e grupo controle.

Blocos de 3 tentativas de Pré-perturbação, Perturbação e Pós-perturbação, mudança do alvo para cima (PI) à esquerda e mudança do alvo para baixo (PII) à direita. As barras verticais indicam o intervalo de confiança em 95%.



6 DISCUSSÃO

A discussão segue respeitando a ordem de apresentação dos experimentos no método, primeiro o experimento 1 e na sequência o experimento 2.

Partindo do pressuposto que a prática mental anterior é importante para permitir aos participantes lidarem com perturbações (ANWAR; KHAN, 2013), o presente experimento teve como objetivos investigar se a prática mental influencia a adaptação quando inseridas perturbações previsíveis e se a prática mental influencia os mecanismos de controle da ação quando inseridas perturbações previsíveis. Duas hipóteses foram testadas: a primeira sugeria que, devido à menor demanda sensório-motora das perturbações previsíveis (RICHTER *et al.*, 2004), a prática mental e prática física contribuiriam para a adaptação dos participantes. Portanto, desempenho dos grupos que tiveram prática física e prática mental seria semelhante e não seria afetado pela apresentação das perturbações. A segunda hipótese, que dá continuidade à primeira, propunha que o mecanismo de controle predominante seria pré-planejamento e seria semelhante nos dois grupos experimentais. A discussão dos resultados será apresentada seguindo a ordem das hipóteses.

Nas medidas de desempenho analisadas, tempo de movimento e acerto ao alvo, os resultados não dão suporte à primeira hipótese do estudo, pois os grupos de prática física e prática mental foram afetados pela apresentação das perturbações, aumentaram o tempo de movimento e diminuíram o número de acerto ao alvo diante da perturbação. Em uma consideração geral este resultado seria contrário ao encontrado nos estudos de Anwar, Tomi e Ito (2009; 2011) e Anwar e Khan (2013) que observaram adaptação motora nos grupos de prática mental e prática física diante das perturbações. Entretanto, os grupos de prática mental destes estudos usaram prática física combinada à prática mental não permitindo verificar adaptação a perturbações pela prática mental especificamente (isolada). Pensando assim, os resultados do presente estudo corroboram os achados de Ong, Larssen e Hodges (2012) que não observaram adaptação quando a prática mental foi usada de forma isolada, apenas quando esteve combinada com a prática física.

Uma consideração a ser feita é que os efeitos da perturbação podem não se restringir ao momento de sua apresentação, mas se manifestarem também após (THOROUGHMAN; SHADMER, 2000), sendo influenciada pelo tipo de prática (ONG; LARSSSEN; HODGES, 2012). Os resultados mostraram que ambas as práticas, física e mental, preveniram a influência negativa da perturbação no pós-perturbação (ANWAR; TOMI; ITO, 2009; 2011). As condições pré e pós-perturbação foram semelhantes mostrando que os grupos conseguiram reorganizar a ação quando a perturbação previsível foi retirada. Isto é um indicativo de que uma estrutura de controle foi formada durante a fase de pré-exposição porque a tarefa usada nesta fase era a mesma das tentativas controle que intercalaram as perturbações. Em outras palavras, a mesma estrutura de controle da ação aprendida na fase de pré-exposição pode ter sido utilizada para manter o desempenho na segunda fase.

Na fase de pré-exposição, o grupo de prática física aumentou o número de acertos ao alvo enquanto houve uma redução nas medidas número de correções, tempo de reação e tempo para o pico de velocidade. Estes resultados indicam que houve melhora no pré-planejamento do movimento antes da inserção da perturbação previsível, observada pela redução do tempo de reação e tempo para o pico de velocidade. Mas o grupo de prática física também apresentou competência em reorganizar a ação, porque diante da manutenção do tempo após o pico de velocidade, reduziu o número de correções na execução e aumentou o número de acerto o alvo, comportamento que infere a utilização predominante de mecanismo de controle via *feedback on-line* (ex., KHAN *et al.*, 2006; ELLIOTT *et al.*, 2004). Em relação ao grupo de prática mental, apenas a medida de tempo de movimento foi possível de ser mensurada e os resultados mostraram que o grupo de prática mental apresentou tempo de movimento semelhante ao da prática física. Esta similaridade parece positiva mas não é suficiente para entender se a estrutura de controle que predominou na organização da imaginação da ação (prática mental) foi igual a do movimento executado (prática física), ou até mesmo se a prática física e prática mental formariam estruturas de controle distintas. Isto será possível na observação do comportamento do grupo de prática mental na fase de exposição a perturbações, quando este grupo realiza tentativas de prática física. Os resultados destas variáveis respondem à segunda hipótese deste experimento.

Para interpretar esses resultados com maior detalhamento, é importante passar à análise das medidas tempo de reação, tempo para o pico de velocidade, tempo após o pico de velocidade e número de correções associadas às medidas de acerto ao alvo e tempo de movimento, verificando suas características e relações. Este procedimento avança em relação aos estudos encontrados na literatura que investigam os efeitos da prática mental na adaptação motora. A hipótese formulada foi de que os grupos de prática mental e prática física, por não diferirem na adaptação, também apresentariam mecanismos de controle predominante semelhantes (pré-planejamento). Os resultados obtidos não confirmam esta hipótese.

De forma geral, ao longo da fase de exposição a perturbações, o grupo de prática física apresentou um desempenho superior comparado aos grupos de prática mental e controle. Este resultado é semelhante ao de estudos de aprendizagem (ALLAMI *et al.*, 2008; FELTZ, LANDERS, 1983). O grupo de prática física apresentou o mesmo número de acertos que o grupo de prática mental e ambos foram superiores ao grupo controle. Entretanto, o grupo de prática física usou menor tempo de movimento, menor tempo após o pico de velocidade e menor número de correções em PII, ou seja, apresentando a mesma precisão que o grupo de prática mental e superioridade sobre o grupo controle, o grupo de prática física foi mais rápido durante a ação e ainda assim fez menos correções durante a execução, em menos tempo após o pico de velocidade, para alcançar a meta da tarefa. Este resultado fortalece que o que é aprendido com a prática física é diferente do que é aprendido com a prática mental (RAISBECK; WYATT; SHEA, 2012), ou ainda, que a prática mental contribui na formação de uma estrutura de controle da habilidade, mas que é diferente daquela formada pela prática física (ex., GENTILI; PAPAXANTHIS; POZZO, 2006; GENTILI *et al.*, 2010). Indo além, estes resultados indicam que a prática física levou a melhor controle através do mecanismo de pré-planejamento, que atingiu o alvo mais rápido e com menor número de correções, indicando que o seu planejamento foi mais preciso que o da prática mental.

Outros resultados que fortalecem as proposições acima é que o grupo de prática física apresentou tempo de reação semelhante ao grupo de prática mental mas usou menor tempo para o pico de velocidade no início da fase comparado aos grupos de prática mental e controle. Entendendo que alcançar o pico de velocidade no início da trajetória foi uma

escolha durante o pré-planejamento, o grupo de prática física foi mais competente ao usar menos tempo para o pico de velocidade comparado aos grupos de prática mental e controle, apresentando um pré-planejamento anterior à tentativa, mais eficiente. Considerando que a apresentação da perturbação aconteceu em condição previsível, antes da realização do movimento e com presença de pistas ambientais indicando a mudança, como no estudo de Richter *et al.*, (2004), isto favoreceu a organização prévia da ação (ex., SCHEIDT *et al.*, 2001; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014).

O grupo de prática mental foi mais competente quando comparado com a ausência de prática (grupo controle), apresentando ser mais preciso (maior número de acerto ao alvo) e mais efetivo no pré-planejamento da ação (menor tempo de reação). Considerando que o tempo de movimento dos dois grupos foi semelhante, o menor tempo de reação usado pelo grupo de prática mental, provavelmente permitiu que sobrasse mais tempo do tempo total (pré-estabelecido) da tarefa para conseguir acertar o alvo. Estas medidas indicam que para ter o mesmo número de acertos que o grupo de prática física, o grupo de prática mental teve maior tempo após o pico de velocidade e, neste tempo, realizou um maior número de correções (especialmente na PII), predominando o mecanismo de *feedback on-line*. Mais uma vez, estes resultados mostram que apesar de terem desempenho semelhante, os grupos aprenderam a controlar mecanismos distintos, resultantes dos diferentes tipos de prática.

Apesar das diferenças teóricas já mencionadas entre os estudos de aprendizagem e adaptação, os resultados estão em conformidade com os de Debarnot *et al.* (2009) e Gentili, Papaxanthis e Pozzo (2006), que também usaram tarefas envolvendo movimentos direcionados a meta em condições previsíveis e encontraram superioridade de desempenho do grupo de prática mental sobre o controle. Em suma, no presente estudo, o grupo de prática mental foi mais lento e teve maior número de erros que o grupo de prática física, mas os dois grupos apresentaram precisão semelhante. Por outro lado, o grupo de prática mental foi mais preciso que o grupo controle e mais eficiente no pré-planejamento da ação. Todos estes resultados indicam que uma estrutura de controle foi formada com a prática mental e é distinta da estrutura formada pela prática física (DEBARNOT *et al.*, 2009).

A estrutura de controle formada pela prática mental é o modelo interno (ANWAR; KHAN, 2013; ONG; LARSEN; HODGES, 2012; GENTILI *et al.*, 2010), constituído pelo modelo inverso e modelo *forward*, que apesar de distintos possuem informações acerca das variáveis de movimento que devem ser controladas e funcionam de forma integrada na produção dos movimentos (DESMURGET; GRAFTON, 2000).

O modelo inverso produz comandos motores usando como referência o estado desejado e o modelo *forward* estima os estados futuros do efector usando os comandos motores, *feedback* interno e extrínseco (KAWATO, 1999). Esta combinação entre os modelos pode acontecer antes ou durante a execução. A diferença da utilização destes dois modelos internos no controle dos movimentos executados e imaginação do movimento é que a utilização da prática física permite a atualização dos comandos motores e estado estimado do efector considerando o *feedback* extrínseco disponível durante a execução (DESMURGET; GRAFTON, 2000). Isto proporcionaria a elaboração de um comando motor adequado para a próxima tentativa e o modelo *forward* iria estimar os estados futuros do efector com os ajustes necessários. Por outro lado, a prática mental predispõe imaginar uma ação na ausência de *feedback* extrínseco, onde os comandos motores e estados estimados do efector são atualizados entre uma tentativa e outra usando os comandos motores e o *feedback* interno (GENTILI *et al.*, 2010). Diante desta limitação, estima-se que a representação motora criada durante a prática mental seja baseada na meta da tarefa, que no caso do presente estudo seria imaginar sempre acertando o alvo e imaginar a ação acontecendo o mais rápido possível.

As explicações acima ajudam a compreender que as estruturas de controle formadas durante a prática mental e prática física na fase de pré-exposição foram distintas. Na fase de exposição a perturbações, o grupo de prática física apresentou número de acertos e tempo de reação semelhantes ao grupo de prática mental. Entretanto, a estrutura de controle formada pela prática física foi mais competente possibilitando, para o mesmo número de acertos que o grupo de prática mental, usar maior velocidade na execução e menor número de correções durante a execução. Além disso, apesar da prática mental ter proporcionado mais precisão e mais efetividade no pré-planejamento da ação (menor tempo de reação) comparado ao grupo controle, ambos os grupos apresentaram tempo de movimento e número de correções durante a execução semelhantes.

Os grupos de prática mental e prática física formaram estruturas de controle diferentes na fase de pré-exposição o que refletiu no comportamento diferente destes grupos na fase de exposição. O grupo de prática física teve pré-planejamento mais eficiente que o de prática mental, indicando que o modelo inverso tenha sido mais eficiente. O grupo de prática mental utilizou mais mecanismos de correção – *feedback on-line* - indicando maior uso do modelo *forward*.

De forma geral, os achados deste experimento indicam que a prática mental e a prática física não possibilitaram a adaptação a perturbações previsíveis, mas juntamente com outros estudos (ex., GENTILI; PAPAXANTHIS; POZZO, 2006; GENTILI *et al.*, 2010), a retirada da perturbação proporcionou uma reorganização da ação. Além disso, a prática física demonstrou maior uso do mecanismo de pré-planejamento que a prática mental, e esta maior uso do mecanismo de controle *feedback on-line* em contextos previsíveis. Estes resultados não confirmam a segunda hipótese do experimento 1.

A realização do segundo experimento parte dos mesmos pressupostos do primeiro, de que a prática mental anterior é importante para permitir aos participantes lidarem com perturbações (ANWAR; KHAN, 2013). Entretanto, há a consideração adicional de que perturbações imprevisíveis, diferentemente das previsíveis, dificultam a antecipação e, portanto, requerem reorganização ou correções *on-line* das ações (RICHTER *et al.*, 2004; RIEGER *et al.*, 2005). Como a literatura de aprendizagem motora indica que o que é aprendido com a prática física é diferente do que é aprendido com a prática mental (RAISBECK; WYATT; SHEA, 2012) e que a prática mental contribui na formação de uma estrutura de controle da habilidade, mas que é diferente daquela formada com a prática física (ex., GENTILI *et al.*, 2010), este experimento teve como objetivo investigar se a prática mental influencia a adaptação quando inseridas perturbações imprevisíveis e investigar se a prática mental influencia os mecanismos de controle da ação quando inseridas perturbações imprevisíveis. As hipóteses testadas foram de que o desempenho do grupo que teve prática física seria superior ao desempenho dos demais grupos na presença das perturbações e que o grupo de prática mental teria desempenho superior ao do grupo controle; o mecanismo de controle predominante no grupo de prática física seria diferente do grupo de prática mental. Os resultados serão discutidos a partir do desempenho observado e, em seguida, pela predominância da utilização do mecanismo de controle.

Os resultados das medidas de desempenho analisadas, tempo de movimento e acerto ao alvo, não dão suporte à primeira hipótese deste experimento 2, porque na presença de perturbações imprevisíveis os três grupos (prática física, prática mental e grupo controle) aumentaram o tempo de movimento e diminuíram o número de acertos ao alvo de forma semelhante. Fonseca *et al.* (2012), trabalharam com grupos de prática física inserindo perturbações imprevisíveis após o início do movimento e entre tentativas controle, similar ao presente estudo, e observaram que diante da exposição a perturbação não houve uma reorganização da ação, o que levou à uma piora no desempenho. Contudo, quando a perturbação foi retirada houve a retomada do desempenho.

No presente estudo, a medida tempo de movimento mostrou que apesar dos três grupos apresentarem velocidade semelhante diante da perturbação e terem usado mais tempo nesta condição do que na ausência da perturbação (pré e pós-perturbação), o grupo de prática física foi mais rápido que os grupos de prática mental e grupo controle na PI, nas condições pré e pós-perturbação e em PII na condição pré-perturbação. Quanto a precisão, o grupo de prática física foi mais preciso que os demais grupos no bloco 1 em PI. Ainda, diante de um tempo de movimento semelhante, o grupo de prática mental foi mais preciso que o grupo controle no bloco 2 em PI e nos três blocos da PII. Apesar destes resultados não confirmarem a hipótese, em alguns momentos da fase de exposição o grupo de prática física apresentou melhor desempenho que os grupos de prática mental e grupo controle, e o grupo de prática mental indicou ser mais preciso que o grupo controle. Os grupos de prática física e mental parecem ter formado uma estrutura de controle na fase de prática que antecedeu a exposição a perturbações (ANWAR; KHAN, 2013; DEBARNOT *et al.*, 2009), uma possibilidade de entender se isto aconteceu é a observação dos resultados da fase de pré-exposição.

Os resultados da fase de pré-exposição nesse experimento 2 se assemelham aos do primeiro. Do início para o final da fase, o grupo de prática física mostrou melhora na competência de pré-planejar a ação quando reduziu o tempo de reação e tempo para o pico de velocidade. Este comportamento era esperado considerando a ausência de perturbações nesta fase, o que facilitaria o pré-planejamento da ação. Também foi observada melhora no planejamento durante a execução, pois houve redução no tempo após o pico de velocidade e diminuição do número de correções enquanto o número de acertos ao alvo aumentou. As

repetições consecutivas da mesma tarefa em condição previsível, como aconteceu nesta fase de prática, pode proporcionar reduções acentuadas do erro (GRAY, 2002), conseqüentemente aumentar a proporção de alcance da meta. Estes últimos resultados indicam que a ação foi controlada predominantemente pelo *feedback on-line*.

Em relação ao grupo de prática mental, apenas a medida de tempo de movimento foi possível de ser mensurada e os resultados mostraram que os grupos de prática mental e prática física apresentaram tempo de movimento semelhante. Esta similaridade não é suficiente para entender se o mecanismo de controle que predominou na organização da imaginação da ação foi semelhante ou diferente a do grupo de prática física. Isto será possível na observação do comportamento do grupo de prática mental na fase de exposição a perturbações, quando este grupo realiza tentativas de prática física.

A segunda hipótese do experimento 2 foi que o mecanismo de controle predominante no grupo de prática física seria diferente do grupo de prática mental. Esta hipótese não foi confirmada. Na fase de exposição, os grupos de prática física e prática mental foram semelhantes e mais efetivos em pré-planejar a ação quando comparados com o grupo controle, apresentando menor tempo de reação em PI a partir do segundo bloco e durante a PII. O grupo de prática física teve menor tempo para o pico de velocidade comparado aos grupos de prática mental e grupo controle, e o grupo de prática mental teve menor tempo para o pico de velocidade que o grupo controle. Como o valor máximo de tempo para o pico de velocidade, alcançado pelos grupos de prática física e prática mental, foi de aproximadamente 200ms, mesmo na condição mais difícil (perturbação), estima-se que ambos os grupos usaram a estratégia de alcançar o pico de velocidade no início da execução para sobrar tempo para fazer correções. Esta estratégia já foi observada em estudos com este tipo de tarefa (HANSEN; ELLIOTT, 2009). O grupo de prática física apresentou melhor competência na reorganização da ação, porque teve menor número de correções durante a execução comparado aos grupos de prática mental enquanto apresentou maior número de acertos ao alvo em alguns momentos da fase. Isto é confirmado pelos valores dos tempos após o pico de velocidade usados nas correções das ações. Estes resultados mostram que o mecanismo de controle predominante na organização da prática física foi *feedback on-line*. Este resultado era esperado, pois a estrutura formada para o controle da ação também tinha o *feedback* disponível durante a execução. Já para o grupo

de prática física, por dedução, esperava-se que o mecanismo predominante seria o de pré-planejamento, pois a aprendizagem da tarefa aconteceu somente por este meio. Os resultados nos mostraram resultados opostos, pois além de haver predomínio do mecanismo de *feedback on-line*, ele ainda foi mais utilizado do que o grupo de prática física (vide maior número de correções para ter desempenho similar). Estes resultados indicam que a prática mental pode propiciar o mesmo desempenho que a prática física na condição de perturbação, mas a um custo superior. Além disso, o grupo de prática física consegue planejar o movimento com maior precisão que o de prática mental, pois precisa de menor número de correções mesmo com um tempo similar para realizá-las.

A condição imprevisível exige uma capacidade de extrair mais informações durante a própria execução (IZAWA *et al.*, 2008), para então combinar a utilização de mecanismos de pré-planejamento com correções *on-line*. O grupo de prática mental apresentou indicativos de utilização do mecanismo de controle pré-planejamento antes e durante a execução, porém a exigência da perturbação imprevisível parece ter determinado a utilização de informações disponíveis durante a ação para realizar ajustes (IZAWA *et al.*, 2008), que foram maiores que do grupo de prática física. A prática física permitiu que o pré-planejamento ao início da ação fosse mais preciso (exigisse menores correções) durante a execução (DESMURGET; GRAFTON, 2000), o que permite assumir que o pré-planejamento do grupo de prática física foi superior.

Na sua totalidade, este estudo foi composto de dois experimentos, sendo que cada um deles tinha suas hipóteses específicas. No primeiro experimento, a hipótese um foi que os grupos de prática física e prática mental proporcionariam adaptação e a hipótese dois foi que o mecanismos de controle predominante na organização da ação seria semelhante. As hipóteses não foram confirmadas. Diante das perturbações previsíveis os grupos de prática física e prática mental aumentaram o tempo de movimento e diminuíram o número de acertos ao alvo, não adaptaram. Entretanto, quando a perturbação foi retirada o desempenho melhorou indicando a existência de uma estrutura de controle formada antes da fase de exposição as perturbações (FONSECA *et al.*, 2012). Além disso, os grupos de prática física usou e prática mental usaram predominantemente o mecanismo de controle *feedback on-line* para ajustar suas ações e conseguir alcançar a meta da tarefa. Ambos os grupos apresentaram um comportamento compensatório, em que a ação é organizada de

forma a facilitar a extração de informações durante a execução, e conseqüentemente realizar correções (RIEGER *et al.*, 2005), usando para isto a interação entre os modelos internos inverso e *forward* (DESMURGET; GRAFTON, 2000).

No segundo experimento, uma das hipóteses foi que o desempenho do grupo de prática física seria superior ao dos demais grupos na presença das perturbações e o grupo de prática mental apresentaria desempenho superior ao do grupo controle; a outra hipótese foi que o mecanismo de controle predominante no grupo de prática física seria diferente do grupo de prática mental. Esperava-se que a prática física tivesse desempenho superior, pois na condição de não poder antecipar a mudança, teria uma estrutura mais apropriada para reorganizá-la (ELLIOTT; BINSTED; HEATH, 1999). As hipóteses não foram confirmadas.

A prática física e prática mental não proporcionaram adaptação a perturbações imprevisíveis, mas no geral os grupos de prática física e prática mental foram superiores ao grupo controle indicando que a prática realizada na fase de pré-exposição fez diferença para que a ação fosse reorganizada diante da perturbação. Ao longo da fase de exposição o grupo de prática física foi superior aos grupos de prática mental e controle apresentando menor tempo de movimento, maior número de acertos ao alvo e menor número de correções. O grupo de prática mental foi mais preciso que o grupo controle e apresentou melhor condição para pré-planejar a ação. Tanto o grupo de prática física quanto o de prática mental precisaram usar de informações disponíveis durante a execução para reorganizarem a ação e para isto usaram predominantemente o mecanismo de controle *feedback on-line*, mas a prática física exigiu menor utilização do *feedback on-line* para atingir a meta, indicando que a estrutura de controle formada com as duas práticas foi distinta.

Os grupos de prática física e prática mental formaram estruturas de controle diferentes (GENTILI; PAPAXANTHIS; POZZO, 2006), na fase de pré-exposição, o que foi inferido na análise da fase de exposição e, conseqüentemente, explica a diferença no desempenho entre ambos. Apesar da superioridade esperada da prática física sobre a prática mental (ONG; LARSEN; HODGES, 2012), a prática mental apresentou indicativos de superioridade ao grupo controle, principalmente no tempo de reação e número de acertos ao alvo, o que indica que existiu efeitos positivos da prática mental na reorganização do movimento para o alcance da meta, mas assim como na prática física, a perturbação

imprevisível superou a condição adaptativa do participante (KARNIEL; MUSSA-IVALDI, 2002). Estes dados deixam uma dúvida, se a prática mental desenvolve mais os mecanismos de *feedback on-line* que a prática física ou se ela exige mais devido à menor precisão do pré-planejamento, questão que ainda merece ser investigada.

7 CONCLUSÃO

Os achados deste estudo permitem concluir que a prática mental e a prática física não proporcionaram adaptação motora, mas ambos os tipos de prática mostraram competência em alcançar a meta quando a perturbação era retirada permitindo entender que o tipo de prática pode influenciar o comportamento motor dos participantes, principalmente frente a perturbações. A prática física mostrou desempenho superior quando comparada com a prática mental e ausência de prática, e a prática mental foi mais efetiva que a ausência de prática, principalmente em condições previsíveis. A possibilidade da prática física usar o *feedback* extrínseco durante a realização da ação representa uma das diferenças deste tipo de prática quando comparado com prática mental. Esta vantagem parece ter determinado a formação de uma estrutura de controle mais competente durante a fase de pré-exposição, entretanto, não foi suficiente para determinar bom desempenho diante das perturbações, principalmente imprevisíveis. Ainda assim, a prática física levou a um pré-planejamento mais eficiente, exigindo menores correções. As estruturas de controle formadas na fase de pré-exposição pela prática física e prática mental foram diferentes e no caso da prática mental o modelo interno não usou *feedback* extrínseco durante e após a imaginação da ação, e diante das perturbações isto restringiu a capacidade de extrair e usar as informações ambientais para realizar as modificações na ação.

As medidas utilizadas neste estudo e a relação dos resultados proporcionados por elas permitiu entender que diante da natureza da perturbação previsível e também da imprevisível, a prática física e prática mental utilizam predominantemente o mecanismo de controle via *feedback on-line* na organização da ação. Esta organização da ação aconteceu de forma diferente de acordo com cada tipo de prática e cada natureza da perturbação. Este achado avança em relação aos estudos de prática mental e adaptação motora conhecidos até o momento.

Por último, este estudo apresenta a novidade de verificar o efeito da prática mental na adaptação sem usar tentativas consecutivas de perturbação, como apresentado em estudos anteriores. Este delineamento inviabiliza que nas tentativas de perturbação sejam usadas exatamente as informações da tentativa prévia (pré-perturbação) que foi diferente da

atual e será diferente da tentativa subsequente (pós-perturbação). Esta proposição aproxima o executante das situações do dia-a-dia.

REFRÊNCIAS

ADEGBESAN, O. A. Use of imagery by athletes in Nigeria. *Perceptual and Motor Skills*, v. 108, p. 43-50, 2009.

ALLAMI, N.; *et al.* Visuo-motor learning with combination of different rates of motor imagery and physical practice. *Experimental Brain Research*, Berlin, v. 184, p. 105-113, 2008.

ANWAR, M. N.; KHAN, S. H. Trial-by-trial adaptation of movements during mental practice under force field. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, v. 2013, p. 1-11, 2013.

ANWAR, M. N.; TOMI, N.; ITO, K. Influence of motor imagery on learning under complex external dynamics. In: *Conference Proceedings IEEE Eng Med Biol Soc*, 2009, U.S.A., p. 5926-5929, 2009.

ANWAR, M. N.; TOMI, N.; ITO, K. Motor imagery facilitates force field learning. *Brain Research*, v. 1395, p. 21-29, 2011.

BARELA, J. A.; ISAYAMA, H. F. Efeitos do tipo de prática na aprendizagem do estilo borboleta na natação. *Movimento*, Porto Alegre, v. 2, p. 38-45, 1995.

BENDA, R. N.; *et al.* Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de controle da força manual. *Percepção e Ação*, v. 3, p. 166-182, 2000.

BENDA, R. N.; *et al.* Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de posicionamento linear com reversão. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 13, n. 1, p. 7-15, 2005.

BENDA, R. N.; TANI, G. Adaptive process in the motor skill acquisition. *The FIEP Bulletin*, v. 74, p. 423-425, 2004.

BERNIER, P-M.; CHUA, R.; FRANKS, I. M. Is proprioception calibrated during visually guided movements? *Experimental Brain Research*, v. 167, p. 292-296, 2005.

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

BOCK, O.; ABEELE, S.; EVERSHEIM, U. Human adaptation to rotated vision: interplay between a continuous and discrete process. *Experimental Brain Research*, v. 152, p. 528-532, 2003.

BOCK, O.; SCHMITZ, G. Adaptation to rotated visual *feedback* depends on the number and spread of targets directions. *Experimental Brain Research*, v. 413, p. 409-413, 2011.

BRAUN, D.A.; *et al.* Learning optimal adaptation strategies in unpredictable motor tasks. *The Journal of Neuroscience*, v. 29, n. 20, p. 6472-6478, 2009.

BROUZIYNE, M.; MOLINARO, C. Mental imagery combined with physical practice of approach shots for golf beginners. *Perceptual and Motor Skills*, Missoula, v. 101, p. 203-211, 2005.

CARNAHAN, H. Manual asymmetries in response to rapid target movement. *Brain and Cognition*, v. 37, p. 237-253, 1998.

CARVALHO, M. F. P.; *et al.* Bandwidth knowledge of results and adaptation to unpredictable perturbations during isometric force production. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, em fase de pré-publicação.

CHUA, R.; ELLIOTT, D. Visual regulation of manual aiming. *Human Movement Science*, v. 12, p. 365-401, 1993.

CORBIN, C. B. The effects of covert rehearsal on the development of a complex motor skill. *The Journal of General Psychology*, v. 76, p. 143-150, 1967.

CORRÊA, U. C.; *et al.* Constant-random practice and the adaptive process in motor learning with varying amounts of constant practice. *Perceptual and Motor Skills*, v. 110, p. 442-452, 2010b.

CORRÊA, U. C.; *et al.* Effects of practice schedule on the adaptive process of motor learning. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, v. 10, n. 1, p. 158-171, 2010a.

COUTO, C. R. *Efeitos do nível de estabilização do desempenho na adaptação a perturbações imprevisíveis inseridas após o início do movimento*. 2012. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

CUNNINGHAM, H. A. Aiming error under transformed spatial mappings suggests a structure for visual-motor maps. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 15, n. 3, p. 493-506, 1989.

DEBARNOT, U.; *et al.* Sleep-related improvements in motor learning following mental practice. *Brain and Cognition*, Amsterdam, v. 69, p. 398-405, 2009.

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

DIEDRICHSEN, J.; *et al.* Neural correlates of reach errors. *The Journal of Neuroscience*, v. 25, n. 43, p. 9919-9931, 2005.

DORON, R.; PAROT, F. *Dicionário de Psicologia*. São Paulo: Ática, 2001.

DRISKELL, J. E.; COPPER, C.; MORAN, A. Does mental practice enhance performance? *Journal of Applied Psychology*, Stanford, v. 79, p. 481-492, 1994.

ELLIOTT, D.; BINSTED, G.; HEATH, M. The control of goal-directed limb movements: Correcting errors in the trajectory. *Human Movement Science*, v. 18, p. 121-136, 1999.

ELLIOTT, D. CHUA, R. Manual asymmetries in goal-directed movement. In: ELLIOTT, D.; ROY, E. A. (Ed.) *Manual asymmetries in motor performance*. Boca Ration. FL: CRC, p. 143-158, 1996.

ELLIOTT, D.; CHUA, R.; HELSEN, W. A Century Later - Woodworth's (1899) Two-Component Model of Goal-Directed Aiming. *Psychological Bulletin*, v. 127, n. 3, p. 342-357, 2001.

ELLIOTT, D.; *et al.* Goal-Directed Aiming: Two Components but Multiple Processes. *Psychological Bulletin*, v. 136, n. 6, p. 1023-1044, 2010.

ELLIOTT, D.; *et al.* Learning to Optimize Speed, Accuracy, and Energy Expenditure: A Framework for Understanding Speed – Accuracy Relations in Goal-Directed Aiming. *Journal of Motor Behavior*, v. 36, n. 3, p. 339-351, 2004.

ELLIOTT, D.; *et al.* The influence of target perturbations on manual aiming asymmetries in right-handers. *Cortex*, v. 31, p. 685-697, 1995.

FELTZ, D. L.; LANDERS, D. M. The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. *Journal of Sport Psychology*, Champaign, v. 5, p. 25-57, 1983.

FERNANDEZ, L.; WARREN, W. H.; BOOTSMA, R. J. Kinematic adaptation to sudden changes in visual task constraints during reciprocal aiming. *Human Movement Science*, v. 25, p. 695-717, 2006.

FISK, J. D.; GOODALE, M. A. The organization of eye and limb movements during unrestricted reaching to targets in contralateral and ipsilateral visual space. *Experimental Brain Research*, v. 60, p. 159-178, 1985.

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

FLASH, T.; MAOZ, U.; POLIAKOV, F. Arm Trajectory Formation. In: BINDER, M. D.; HIROKAWA, N.; WINDHORST, U. (Ed.) *Encyclopedia of Neuroscience*, Berlin Heidelberg, p. 168-172, 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.

FONTANI, G.; *et al.* Effect of mental imagery on the development of skilled motor actions. *Perceptual and Motor Skills*, Missoula, v. 105, p. 803-826, 2007.

GENTILI, R.; *et al.* Motor learning without doing: trial-by-trial improvement in motor performance during mental training. *Journal of Neurophysiology*, Bethesda, v. 104, p. 774-783, 2010.

GENTILI, R.; PAPAXANTHIS, C.; POZZO, T. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. *Neuroscience*, Amsterdam, v. 137, p. 761-772, 2006.

GOMES, T. V. B.; *et al.* Efeitos do posicionamento e quantidade de prática mental na aprendizagem do arremesso do dardo de salão. *Motriz*, Rio Claro, v. 18, p. 273-279, 2012a.

GOMES, T. V. B.; *et al.* Efeitos da prática mental na aquisição de habilidades motoras em sujeitos novatos. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 26, p. 511-521, 2012b.

GOMES, T. V. B.; *et al.* Effects of mental practice in novice learners in a serial positioning skill acquisition. *Perceptual and Motor Skills*, v. 119, p. 1-18, 2014.

GRAY, R. Behavior of college baseball players in a virtual batting task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 28, n. 5, p. 1131-1148, 2002.

GUIMARÃES, L. S. P.; HIRAKATA, V. N. Uso do modelo de equações de estimativas generalizadas na análise de dados longitudinais. *Revista HCPA*, v. 32, n. 4, p. 503-511, 2012.

HANSEN, S.; ELLIOTT, D. Three-dimensional manual responses to unexpected target perturbations during rapid aiming. *Journal of Motor Behavior*, v. 41, n. 1, p. 16-29, 2009.

ISHIHARA, M.; IMANAKA, K. Motor preparation of manual aiming at a visual target manipulated in size, luminance contrast, and location. *Perception*, v. 36, p. 1375-1390, 2007.

JEON, H.; *et al.* Noise distraction and mental practice in closed and open motor skills. *Perceptual and Motor Skills: Motor Skills and Ergonomics*, v. 119, n. 1, p. 1-13, 2014.

IZAWA, J.; *et al.* Motor adaptation as a process of reoptimization. *The Journal of Neuroscience*, v. 28, n. 11, p. 2883-2891, 2008.

KAGERER, F. A.; CONTREAS-VIDAL, J. L.; CLARK, J. E. Abrupt, but not gradual visuomotor distortion facilitates adaptation in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, v. 25, p. 622-633, 2006.

KAGERER, F. A.; CONTRERAS-VIDAL, J. L.; STELMACH, G. E. Adaptation to gradual as compared with sudden visuo-motor distortions. *Experimental Brain Research*, v. 115, p. 557-561, 1997.

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 of motor control and trajectory planning. *Current Opinion in Neurobiology*, v. 9, p. 718-727, 1999.

KAWATO, M. Cerebellum: Models. *Encyclopedia of Neuroscience*, v. 2, p. 757-767, 2009.

KHAN, M. A.; *et al.* Inferring online and 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.; GHEZ, C.; GHILARDI, M. F. Adaptation to visuomotor transformations: consolidation, interference, and forgetting. *The Journal of Neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, v. 25, p. 473-478, 2005.

KRAKAUER, J. W.; *et al.* Learning of visuomotor transformation for vectorial planning of reaching trajectories. *The Journal of Neuroscience*, v. 20, n. 23, p. 8916-8924, 2000.

LAGE, G. M.; *et al.* A Kinematic analysis of the association between impulsivity and manual aiming control. *Humam Movement Science*, v. 31, p. 811-823, 2012.

LEITE, C. M. F. *Efeitos da organização da prática variada sobre a adaptação motora a perturbações previsíveis e imprevisíveis*. 2014. 101f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

LOSCHIAVO-ALVARES, F.; *et al.* Effects of executive functions on motor adaptation. *Plos One*, em fase de pré-publicação.

MacKAY, D. G. The problem of rehearsal or mental practice. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v. 13, p. 274-285, 1981.

MAGILL, R.A. *Motor learning and control: concepts and applications*. 8th ed. Boston: McGraw-Hill, 2007.

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

MEYER, D. E.; *et al.* Optimality in Human Motor Performance: Ideal Control of Rapid Aimed Movements. *Psychological Review*, v. 95, n. 3, p. 340-370, 1988.

MIESCHKE, P. E.; *et al.* Manual Asymmetries in the Preparation and Control of Goal-Directed Movements. *Brain and Cognition*, v. 45, p. 129-140, 2001.

MIGUEL-JUNQUEIRA, A. H. *Efeito da magnitude da perturbação na adaptação em uma tarefa de apontamento*. 2012. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

ONG, N. T.; LARSEN, B. C.; HODGES, N. J. In the absence of physical practice, observation and imagery do not result in updating of internal models for aiming. *Experimental Brain Research*, v. 218, p. 9-19, 2012.

OVERDORF, V.; *et al.* Mental and physical practice schedules in acquisition and retention of novel timing skills. *Perceptual and Motor Skills*, Missoula, v. 99, p. 51-62, 2004.

PROFETA, V. L. S. *Nível de estabilização na resposta a perturbações imprevisíveis: efeitos sobre o feedback corrente e o feedforward*. 2009. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

PROTEAU, L.; ROUJOULA, A.; MESSIER, J. Evidence for continuous processing of visual information in a manual video-aiming task. *Journal of Motor Behavior*, v. 41, n. 3, p. 219-231, 2009.

RAISBECK, L.D.; WYATT, W.R.; SHEA, J.B. A two process memory-based account for mental and physical practice differences. *Journal of Motor Behavior*, London, v. 44, p. 115-24, 2012.

RICHARDSON, A. Mental practice: a review and discussion (Part 1). *Research Quarterly*, Washington, v. 38, p. 95-107, 1967.

RICHTER, S; *et al.* Motor adaptation to different dynamic environments is facilitated by indicative context stimuli. *Psychological Research*, v. 68, n. 4, p. 245-251, 2004.

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

ROOSINK, M.; ZIJDEWIND, I. Corticospinal excitability during observation and imagery of simple and complex hand tasks: Implications for motor rehabilitation. *Behavioural Brain Research*, Amsterdam, v. 213, p. 35-41, 2010.

SAMULSKI, D.; NOCE, F.; COSTA, V. T. Treinamento mental de atletas olímpicos e paraolímpicos. In: SAMULSKI, D.; MENZEL, H-J.; PRADO, L. S. (Ed.). *Treinamento Esportivo*. São Paulo: Manole, p. 111-136, 2013.

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.

SCHUSTER, C; *et al.* Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Medicine*, v. 9, n.75, p. 1741-7015, 2011.

SEIDLER, R. D.; NOLL, D. C.; THIERS, G. Feedforward and *feedback* processes in motor control. *NeuroImage*, v. 22, p. 1775-1783, 2004.

SHADMEHR, R.; MUSSA-IVALDI, F. A. Adaptive representation of dynamics during learning of a motor task. *The Journal of Neuroscience*, v. 14, n. 5, p. 3208-3224, 1994.

SHOEKFEELT, E. L.; GRIFFITH, M. U. Evaluation of a mental skills program for serving for an intercollegiate volleyball team. *Perceptual and Motor Skills*, Missoula, v. 107, p. 293-306, 2008.

SUINN, R. Imagery. In: SINGER, R. N.; MURPHEY, M.; TENNANT, L. K. *Handbook of research on sport psychology*. New York: MacMillan, p. 492-510, 1993.

TANI, G. *Hierarchical organization of an action programme and the development of skilled actions*. Unpublished Technical Report. Sheffield: Department of Psychology of University of Sheffield, 1995.

TANI, G. Processo adaptativo: uma concepção de aprendizagem motora além da estabilização. In: TANI, G. (Ed.). *Comportamento Motor: Desenvolvimento e Aprendizagem*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 60-70, 2005.

TANI, G.; *et al.* Pesquisa na área de comportamento motor: modelos teóricos, métodos de investigação, instrumentos de análise, desafios, tendências e perspectivas. *Revista de Educação Física*, v. 21, n. 3, p. 329-380, 2010.

TANI, G.; *et al.* An adaptive process model of motor learning: Insights for the teaching of motor skills. *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences*, v.18, n.1, p.47-65, 2014.

TSENG, Y-W.; *et al.* Sensory prediction errors drive cerebellum-dependent adaptation of reaching. *Journal of Neurophysiology*, v. 98, p. 54-62, 2007.

THOROUGHMAN, K. A.; SHADMEHR, R. Learning of action through adaptive combination of motor primitives. *Nature*, v. 407, p. 742-747, 2000.

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

UGRINOWITSCH, H.; BENDA, R. N. Contribuições da aprendizagem motora: a prática na intervenção em educação física. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, São Paulo, v. 25, p. 25-35, 2011.

UGRINOWITSCH, H.; CORRÊA, U. C.; TANI, G. Perturbação perceptiva e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de “timing” coincidente. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 19, n. 4, p. 277-84, 2005.

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

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, p. 162-172, 2005.

UGRINOWITSCH, H.; *et al.* Extensive practice improves adaptation to predictable perturbations in a sequential coincident timing task. *American Journal of Life Sciences*, v. 2, p. 90-95, 2014.

WEINBERG, R.S. The relationship between mental preparation strategies and motor performance: a review and critique. *Quest*, Champaign, v. 33, p. 195-213, 1982.

WOLPERT, D. M. Computational approaches to motor control. *Trends in Cognitive Science*, v. 1, n. 6, p. 209-216, 1997.

WOLPERT, D. M.; GHARAMANI, Z.; JORDAN, M. I. An internal model for sensorimotor integration. *Science*, v. 269, p. 1880-1882, 1995.

ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S. Learning and transfer as paradigms for behavioral change. In: STELMACH, G. E.; REQUIN, J. (Ed.). *Tutorials in Motor Behavior II*. Amsterdam: North-Holland, 1992.