

Cláudio Manoel Ferreira Leite

**EFEITOS DA ORGANIZAÇÃO DA PRÁTICA VARIADA
SOBRE A ADAPTAÇÃO MOTORA A PERTURBAÇÕES
PREVISÍVEIS E IMPREVISÍVEIS**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional – EEEFTO/UFMG

Março/2014

Cláudio Manoel Ferreira Leite

**EFEITOS DA ORGANIZAÇÃO DA PRÁTICA VARIADA
SOBRE A ADAPTAÇÃO MOTORA A PERTURBAÇÕES
PREVISÍVEIS E 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

Belo Horizonte

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional – EEEFTO/UFMG

Março/2014

L533e Leite, Cláudio Manoel Ferreira.
2014 Efeitos da organização da prática variada sobre a adaptação motora a perturbações previsíveis e imprevisíveis [manuscrito] / Cláudio Manoel Ferreira Leite. – 2014.
100 f., enc.:il.

Orientador: Herbert Ugrinowitsch

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 92-99

1. Capacidade motora - Teses. 2. Adaptação – Teses. 3. Aprendizagem motora - Teses. 4. Esportes – Teses. I. Ugrinowitsch, Herbert. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. II. Título.

CDU: 796.015



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



Tese intitulada “Efeitos da organização da prática variada sobre a adaptação motora a perturbações previsíveis e imprevisíveis”, de autoria do doutorando **Cláudio Manoel Ferreira Leite**, defendida em 21 de março de 2014, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e submetida à banca examinadora composta pelos professores:

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

Prof. Dr. Go Tani
Departamento de Educação Física
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi
Departamento de Educação Física
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Estadual de São Paulo

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

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

À Maria, Nossa Senhora, pela proteção e inspiração, e à Joana Maria (Mãe) pela dedicação incondicional ao longo de toda minha jornada acadêmica.

Agradecimentos

Mãe como é que eu teria chegado até aqui sem você?

Karlinha por ter aceitado o desafio de me acompanhar durante essa empreitada, e ainda ter contribuído na revisão do texto.

Thábata e Fabiano pelas oportunidades de conversas e trocas.

Prof. Rodolfo, pelo apoio, “orientações paralelas”, e exemplo desde algum tempo atrás.

Carol, Madson, Erick, Marluce e Crislaine por todo o auxílio: trabalhar sozinho é muito difícil!

Prof. Herbert, por ter aceitado assumir esse desafio de orientação. Você conseguiu!

A todos os (ex)membros do GEDAM, que de diversas formas contribuíram nessa batalha: Vitão, Maria Flávia, Suzi, Carlinhos, Léo, Silvana, Livinha, Guilherme Lage, Guilherme Van Keulen, Márcio, Lucas, Tércio, Leandro, Aline.

Aos colegas do DCEFS-UFSJ, que apoiaram as minhas idas e vindas.

Aos Professores e Funcionários da EEEFTO-UFMG, que me acolheram durante esses anos de formação, em especial ao Prof. Mauro Heleno, que me iniciou e incentivou nesse processo; à Karen, Toninha e Rose por todos os esclarecimentos; à Iris e Margarida, pelos auxílios bibliográficos, e à Wandinha, que eu não tenho como citar as contribuições por enormes que foram.

Por fim, mas não em último lugar, agradeço a Nosso Senhor Jesus Cristo por ter-me permitido realizar esse trabalho, e ter-me concedido a companhia e o auxílio de todas essas pessoas: “*A ti toda honra e glória pelos séculos dos séculos.*”

“... quem se esforça com humildade e constância por perscrutar os segredos da natureza, é, mesmo quando disso não tem consciência, como que conduzido pela mão de Deus, que sustenta todas as coisas, e as faz ser o que são.” (Gaudium et Spes 36, 7).

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 preparação e organização prévia da ação, ou imprevisíveis, demandando que a organização ocorra somente após a sua apresentação. Independente do tipo de perturbação, a manutenção de um bom desempenho requer um comportamento motor adaptável, que está relacionado às práticas anteriores, mais especificamente à sua variação: aparentemente maiores variações levam a melhor adaptação. Entretanto, não se sabe ainda os efeitos da organização dessas variações sobre a adaptação, apesar dela influenciar tanto a detecção de mudanças no ambiente e nas tarefas, quanto a organização das ações de acordo com as mudanças. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da organização da prática variada, em blocos e aleatória, sobre o comportamento motor em contextos com perturbações previsíveis e em contextos com perturbações imprevisíveis. Dois experimentos foram realizados, e em ambos havia um grupo de prática em blocos e outro de prática aleatória, que praticaram três variações de uma tarefa de timing coincidente conforme o grupo designado. A tarefa consistia em tocar cinco sensores fotoelétricos em sequência, e finalizar a sequência em coincidência com um estímulo luminoso integralmente visível. Após um intervalo de 24h, os grupos foram submetidos a uma fase de exposição a perturbações (*i.e.* alterações de velocidade do estímulo luminoso) idêntica para ambos os grupos. No primeiro experimento, as perturbações foram apresentadas de forma previsível, e no segundo, de forma imprevisível. Foram feitas análises do desempenho e da organização da ação, e os resultados mostraram que ambas as práticas possibilitaram boa adaptação às perturbações previsíveis, mas que o desempenho do grupo de prática aleatória foi superior ao em blocos frente às perturbações imprevisíveis. Em ambas condições de perturbação houve diferenças entre os grupos na organização da ação. Foi mostrado que a prática aleatória favorece a adaptação motora, e que as formas de prática, mesmo quando possibilitam desempenho semelhante, mostram diferenças na organização da ação. Esses resultados foram atribuídos a aspectos de extração e uso de informações das diferenças de velocidade dos estímulos luminosos na organização da ação, desenvolvidos de forma diferenciada a partir de cada uma das formas de organização da prática. De acordo com a teoria de *Múltiplos pares de modelos forward-inverso*, usada para concatenar os resultados dos dois experimentos, a prática aleatória possibilita a formação de módulos de controle (*i.e.* mapas sensório-motores) mais competentes, tanto com elementos de controle capazes de produzir os comandos motores, quanto com preditores de responsabilidade capazes de identificar as condições ambientais e determinar a contribuição do módulo para a condição atual. Esses preditores foram formados e calibrados durante a prática a partir das mudanças frequentes nas características da tarefa. A prática em blocos, por outro lado, possibilita a formação dos elementos de controle, mas a formação de preditores de responsabilidade é prejudicada devido à repetição sequencial da mesma demanda da tarefa, o que resultaria em maiores dificuldades em detectar as mudanças, e, conseqüentemente, em desempenho inferior frente perturbações imprevisíveis.

Palavras-chave: estruturação da prática, adaptação motora, *timing coincidente*, tarefa de interceptação, modelo interno

ABSTRACT

Environmental changes may impose new sensorimotor demands, which challenge motor performance. These changes, or perturbations, may be predictable, enabling previous preparation and organization of action, or unpredictable, enabling organization of action only after its presentation. Despite the kind of perturbation, maintenance of good performance requires an adaptable motor response, which is related to previous practice, noteworthy its variability: higher variability of practice appears to lead to better adaptation. However, the effects of the scheduling of such variations in a practice session upon motor adaptation are yet unknown, despite its influence on the detection of environmental and task changes, and on action planning according to these changes. Thus, the main purpose of this study was to investigate the effects of variable practice scheduling, blocked and random, on motor behavior in contexts under predictable, and in contexts under unpredictable perturbations. Two experiments were carried out, and in both of them there was a group under blocked practice and a group under random practice that practiced three variations (*i.e.* speed) of a coincident timing task according to the specified group. Task consisted of touching five photoelectrical sensors in sequence and finishing the sequence in coincidence to a light stimulus fully visible. After an interval of 24h, subjects practiced under perturbations (*i.e.* speed changes in light stimulus) common to both groups. In the first experiment perturbations were made predictable and in the second experiment they were unpredictable. Analyses were carried on performance and action organization, and results showed that both practice schedules enable adaptation to predictable perturbation, but random practice enabled better performance under unpredictable perturbations. In both perturbation conditions, groups presented differences in action organization. These results were credited to the development of different ability to extract and use information about velocity differences between light stimuli inaction organization during practice in each schedule. According to the *Multiple paired inverse-forward models* theory, applied to combine the results of both experiments, random practice enables the formation of more competent control modules (*i.e.* sensorimotor maps) with control elements more efficient at producing motor commands, as well as more efficient responsibility predictors able to identifying environmental conditions and specifying module's contribution to the actual condition. These predictors were formed and calibrated during practice through the frequent changes in task conditions. Blocked practice, on the other hand, enables the formation of control elements but restrains the formation of predictor of responsibility due to consecutive repetitions of same task demand, which results in a increased difficulty in detecting changes and, consequently, in a poorer performance under unpredictable perturbations.

Key words: Practice schedule, motor adaptation, coincident timing, interception task, and internal model

LISTA DE ABREVIATURAS

- AL – Grupo de prática Aleatória
- Aq – Fase de aquisição
- Aq1 – Primeiro bloco de três tentativas usado para análise na fase de aquisição
- Aq17 – Décimo sétimo bloco de três tentativas usado para análise na fase de aquisição
- Aq18 – Décimo oitavo bloco de três tentativas usado para análise na fase de aquisição
- Aq34 – Trigésimo quarto bloco de três tentativas usado para análise na fase de aquisição
- Aq35 – Trigésimo quinto bloco de três tentativas usado para análise na fase de aquisição
- Aq50 – Quinquagésimo bloco de três tentativas usado para análise na fase de aquisição
- BL – Grupo de prática em Blocos
- EA – Erro absoluto
- EV – Erro variável
- G-G – Correção estatística de Greenhouse-Geiser usada em ANOVA com dados que não atendem o critério de esfericidade
- LED – Diodo luminoso (*light emitting diode*)
- MPMFI – Múltiplos pares de modelos *Forward* e *Inverso* (*Multiple paired forward-inverse models*)
- P1 – Perturbação rápida, 2000ms, usada na fase de exposição
- P1-1 – Perturbações rápidas iniciais na fase de exposição
- P1-2 – Perturbações rápidas intermediárias na fase de exposição
- P1-3 – Perturbações rápidas finais na fase de exposição
- P2 – Perturbação lenta, 2500ms, usada na fase de exposição

- P2-1 – Perturbações lentas iniciais na fase de exposição
- P2-2 – Perturbações lentas intermediárias na fase de exposição
- P2-3 – Perturbações lentas finais na fase de exposição
- RET – Retenção
- SNC – Sistema nervoso central
- T1 – Restrição temporal de 1750ms usada na fase de aquisição
- T2 – Restrição temporal de 2250ms usada na fase de aquisição, e na fase de exposição como controle
- T3 – Restrição temporal de 2750ms usada na fase de aquisição
- TM – Tempo de movimento
- Tpar1 – Tempo parcial do primeiro componente motor
- Tpar2 – Tempo parcial do segundo componente motor
- Tpar3 – Tempo parcial do terceiro componente motor
- Tpar4 – Tempo parcial do quarto componente motor
- Tpar5 – Tempo parcial do quinto componente motor
- TR – Tempo de reação
- Tresp – Tempo de resposta
- tt – Tentativas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	– Aparelho de coleta de dados, e do posicionamento dos voluntários durante a coleta	27
FIGURA 2	– Síntese do delineamento do primeiro experimento	28
FIGURA 3	– Síntese do delineamento do segundo experimento	57
GRÁFICO 1	– Gráficos de desempenho do primeiro experimento	35
GRÁFICO 2	– Gráficos dos dados pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação das perturbações rápidas (P1) na fase de exposição do primeiro experimento	44
GRÁFICO 3	– Gráficos dos dados pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação das perturbações lentas (P2) na fase de exposição do primeiro experimento	52
GRÁFICO 4	– Gráficos de desempenho do segundo experimento	59
GRÁFICO 5	– Gráficos dos dados pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação das perturbações rápidas (P1) na fase de exposição do segundo experimento	70
GRÁFICO 6	– Gráficos dos dados pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação das perturbações lentas (P2) na fase de exposição do segundo experimento	79
GRÁFICO 7	– <i>Warm-up decrement</i>	100
QUADRO 1	– Distribuição das perturbações na fase de exposição nos experimentos 1 e 2	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Perturbações: definição e características	14
2.2. Prática variada	18
2.3. Indicações de estudos com prática variada para a adaptação a perturbações.....	21
3. OBJETIVO E HIPÓTESES	24
3.1. Objetivo geral	24
3.2. Objetivos específicos.....	24
3.3. Hipóteses de estudo	25
4. MÉTODO	26
5. MÉTODO – Experimento 1 (perturbações previsíveis).....	26
5.1. Amostra	26
5.2. Aparelho e tarefa	26
5.3. Delineamento.....	28
5.4. Procedimentos	30
5.5. Variáveis dependentes	31
5.6. Tratamento dos dados e análise estatística	32
6. RESULTADOS – Experimento 1	34
6.1. Aquisição e retenção.....	34
6.2. Exposição a perturbações: Perturbação 1 (2000ms).....	36
6.3. Síntese dos resultados.....	42
6.4. Exposição a perturbações: Perturbação 2 (2500ms).....	45
6.5. Síntese dos resultados.....	51
7. DISCUSSÃO – Experimento 1	53
8. MÉTODO – Experimento 2 (perturbações imprevisíveis).....	57
8.1. Delineamento.....	57
9. RESULTADOS	58
9.1. Aquisição e retenção.....	58
9.2. Exposição a perturbações: Perturbação 1 (2000ms).....	60
9.3. Síntese dos resultados.....	68
9.4. Exposição a perturbações: Perturbação 2 (2500ms).....	71
9.5. Síntese dos resultados.....	78
10. DISCUSSÃO – Experimento 2	80
11. DISCUSSÃO GERAL.....	86
12. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E FUTUROS ESTUDOS	90
REFERÊNCIAS	92
APÊNDICE: <i>Warm-updecrement</i>	100

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes em que as pessoas se encontram estão em constante mudança, bem como as pessoas mudam em seus diversos aspectos (*e.g. físico, cognitivo*). Essas mudanças podem representar novas demandas sensório-motoras e afetar a forma como os indivíduos realizam seus movimentos. Mudanças desse tipo podem ser denominadas perturbações (UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH *et al.*, 2005), e requerem ajustes do sistema sensório-motor para que o desempenho não seja prejudicado (*i.e.*, adaptação).

As perturbações são classificadas segundo aspectos que apresentam, e estes podem ser manipulados experimentalmente para permitir a compreensão dos efeitos das perturbações sobre o desempenho. Um desses aspectos está relacionado às demandas perceptivas e/ou motoras das tarefas propostas (UGRINOWITSCH, 2003; FIALHO, 2007; LEVY *et al.*, 2010). Outro aspecto está relacionado à previsibilidade da apresentação da perturbação para o sujeito, podendo ser previsível quando possibilita a antecipação da mudança, ou imprevisível quando a mudança ocorre sem possibilidades de antecipação. A manipulação da previsibilidade das perturbações implica em demandas distintas sobre o sistema sensório-motor (RICHTER *et al.*, 2004). As perturbações previsíveis, devido à 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 essa organização prévia, requerendo 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 (FONSECA *et al.*, 2012), o que torna as perturbações imprevisíveis mais exigentes e pode levar a maiores comprometimentos do desempenho (KARNIEL; MUSSA-IVALDI, 2002; RICHTER *et al.*, 2004; RIEGER *et al.*, 2005).

A capacidade de adaptar a novas demandas, sejam elas previsíveis ou imprevisíveis, é crítica para o bom desempenho, e um dos fatores apresentados como influenciador dessa capacidade é a experiência motora (KAWATO, 1999), ou mais especificamente a variação da prática (GHAHRAMANI; WOLPERT, 1997; KRAKAUER *et al.*, 2000; THOROUGHMAN; SHADMEHR, 2000; BRAUN *et al.*, 2009). Práticas que possibilitam maior diversificação em um contexto parecem favorecer mais a execução de novas tarefas dentro deste mesmo contexto (KRAKAUER *et al.*, 2000). Nessa linha, os estudos que investigam adaptação a perturbações se aproximam dos estudos de aprendizagem motora que investigam efeitos da variação da prática na aprendizagem (McCRACKEN;

STELMACH, 1977; SHEA; KOHL 1991; SHEA *et al.*, 2001), a ponto de buscarem neles alguma referência (ex. WERNER; BOCK, 2007; BABO *et al.*, 2008; TURNHAM *et al.*, 2012).

Apesar de haver diferenças teóricas entre os estudos de aprendizagem e adaptação motora, ambos os fenômenos têm como pré-requisito a formação de estruturas de controles da habilidade (KAWATO, 1999; SCHMIDT, 1975; TANI, 2005; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Por analogia, é possível então esperar que a manipulação da organização da prática, que influencia a formação da estrutura que controla a habilidade durante o processo de aprendizagem motora, influencie também a adaptação. Um indicador dessa possível influência é a observação de que a forma de organização da prática variada pode influenciar a habilidade de extrair e utilizar informações ambientais, com a prática aleatória possibilitando resultados superiores (BABO *et al.*, 2008; HALL *et al.*, 1994; KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011; WRIGHT *et al.*, 2005). Como a adaptação motora requer a detecção das condições ambientais e organização da ação conforme as demandas (KAWATO, 1999), pode-se inferir que diferentes formas de organização da prática conferirão diferentes capacidades de adaptação.

Apesar de os estudos sugerirem uma possível relação entre organização da prática variada e adaptação motora, esse tema não tem sido consistentemente investigado (WERNER; BOCK, 2007; TURNHAM *et al.*, 2012), e deixa questões em aberto. Dentre as diferentes questões possíveis, uma que pode ser levantada é sobre os efeitos da organização da prática variada na adaptação quando as perturbações são apresentadas de forma previsível ou imprevisível para os sujeitos, que foi o objeto de investigação do presente estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Perturbações: definição e características

A interação do ser humano com o ambiente acontece através dos movimentos, e uma das características tanto dos indivíduos quanto do ambiente é estarem em constante mudança. Essas mudanças podem levar a mudanças nos movimentos, ou seja, podem ser fonte de perturbações (TANI *et al.*, 2005).

Na literatura, perturbações têm sido definidas de diferentes formas. Elas podem ser consideradas de forma pouco específica como algo que causa mudanças (DORON; PAROT, 1998); ou serem tomadas sob ponto de vista ambiental, e consideradas como mudanças no ambiente que desafiam o estado atual de um sistema biológico e demandam modificações nesse sistema (CONRAD, 1983); ou ainda, trazendo uma abrangência para além do ambiente e focando a sua relação com o desempenho, serem consideradas como estímulos capazes de interferir no desempenho de uma habilidade (UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH *et al.*, 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 *et al.*, 2005).

Dada a variedade de perturbações, elas poderão ser classificadas segundo características que apresentam, e conseqüentemente, demandas que impõem. Uma dessas características diz respeito à previsibilidade, podendo ser classificadas como previsíveis ou imprevisíveis (SCHEIDT *et al.*, 2001; 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.*, 2010a), ou pela apresentação de pistas ambientais que indiquem a mudança previamente à sua apresentação (RICHTER *et al.*, 2004). Quando não é possível a antecipação da perturbação, ela é caracterizada como imprevisível. 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-programação), enquanto as perturbações imprevisíveis dificultam ou mesmo impossibilitam a pré-organização da ação anteriormente ao surgimento da perturbação. Esta situação restringe o tempo para a organização da ação e, em alguns casos, requer a reorganização de uma ação já iniciada (FONSECA *et al.*, 2012). Essas correções frente a uma perturbação imprevisível podem requerer, não somente ajustes *online* de uma ação, mas sim toda a reformulação da ação (DIEDRICHSEN *et al.*, 2005). 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; SCHEIDT *et al.*, 2001), 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 (*i.e.* perturbações) era influenciada pela apresentação de um estímulo indicador da perturbação (*i.e.* pista). Para isso os autores utilizaram uma tarefa de apontamento com dois campos de força diferentes. Um grupo recebeu pistas indicadoras desses campos, e o outro não, 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 apresentou, consistentemente, bons resultados, enquanto o grupo sem pistas apresentou redução de desempenho.

Os achados de Richter *et al.* (2004) apresentam evidências a distinção do comportamento motor frente a perturbações previsíveis e imprevisíveis. Esta comparação da previsibilidade da perturbação foi investigada em sujeitos normais e com TDAH, e os resultados se replicaram para ambos os grupos (LOSCHIAVO-ALVARES *et al.*, em análise). Adicionalmente, outros estudos, embora não direcionados à investigação de adaptação a perturbações, também fornecem evidências de que a presença de informações ambientais que indiquem modificações influencia o comportamento motor, modificando o controle para se obter um bom desempenho (GRAY, 2002; KENWARD; NILSON, 2011). De forma geral, a presença de perturbações requer adaptação no controle da ação para que a meta continue a ser atingida (BENNETT; CASTIELLO, 1995). Caso não haja adaptação à nova demanda, ou essas sejam inadequadas, haverá comprometimento do desempenho frente à perturbação, e possivelmente também após a sua retirada, como será detalhado a seguir. (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 2000; FONSECA *et al.*, 2012).

Perturbações e comportamento motor: Implicações no desempenho e no controle da ação

As investigações dos efeitos de perturbações sobre o comportamento motor humano têm sido feitas através de modificações ambientais diversas, como alteração de tamanho de objetos (*e.g.*, BENNETT; CASTIELLO, 1995), deslocamento da base de suporte (*i.e.*, plataforma de força) em tarefas de controle postural (*e.g.*, NORRIE *et al.*, 2002; SCOVIL *et al.*, 2008), aplicação de campos de força (*e.g.*, THOROUGHMAN; SHADMEHR, 2000; KARNIEL; MUSSA-IVALDI, 2002; IZAWA *et al.*, 2008) ou distorção de *feedback* visual em tarefas de apontamento (*e.g.*, RICHTER *et al.*, 2004; RIEGER *et al.*, 2005; BRAUN *et al.*, 2009), e também com alterações na velocidade do estímulo visual em tarefa de timing coincidente (*e.g.*, UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; FONSECA *et al.*, 2012). Os resultados apontam que na presença de perturbações, ocorrem alterações tanto no desempenho quanto no controle da ação.

Um exemplo é o estudo de Bennett e Castiello (1995) que, ao manipular o tamanho de objetos, mostrou que apesar do desempenho ser semelhante entre jovens e idosos frente a perturbações imprevisíveis em uma tarefa com demanda de alcance e preensão de objeto, as características de controle se mostraram alteradas e diferiam em ambos os grupos. O grupo de idosos prolongou mais a duração do movimento à medida que se aproximava do objeto, e apresentou um padrão temporal mais fixo na relação entre os momentos de aproximação e preensão do objeto, enquanto os jovens não demonstraram prolongamentos significativos do tempo no final da aproximação e apresentaram uma relação mais variável entre os componentes da ação; sem um padrão claro. Estas alterações no desempenho e no controle do movimento também foram encontradas quando a perturbação era previsível (CORRÊA *et al.*, 2010b). Os autores utilizaram uma tarefa de *timing* coincidente e ao inserir uma perturbação no aspecto perceptivo previsível (nova velocidade do estímulo visual - experimento 1) observaram que o tempo gasto no segundo componente diminuiu para aumentar o tempo do último componente e poder realizar os ajustes e assim adaptar à nova demanda. Os resultados destes dois estudos exemplificam a importância de se investigar não somente o desempenho frente a perturbações, pois os efeitos das perturbações podem ficar encobertos, mas investigar também elementos de controle, que podem indicar com mais detalhes as diferentes estratégias de controle frente às perturbações, independente da sua previsibilidade.

Além disso, tem sido mostrado que a perturbação pode continuar influenciando ambos, desempenho e controle, mesmo nas tentativas pós-perturbação, ou seja, imediatamente

após estas serem retiradas (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 2000; FONSECA *et al.* 2012). Thoroughman e Shadmehr (2000) submeteram indivíduos adultos à execução de uma tarefa de apontamento sob influência constante de um campo de força para investigar como o SNC produz e aprende movimentos que se adaptam a novas demandas. Em alguns momentos o campo de força era retirado imprevisivelmente (*catch trials*), e recolocado na tentativa seguinte. Os autores observaram que a prática no campo de força conduzia a melhora no desempenho e a trajetória de deslocamento se tornava mais retilínea. Quando era apresentada uma *catch trial*, os participantes eram perturbados pela retirada do campo e apresentavam redução do desempenho, que permanecia comprometido na tentativa imediatamente após.

Os achados de Thoroughman e Shadmehr (2000) encontram respaldo tanto teórico (SCHEIDT *et al.*, 2001) quanto empírico (GRAY, 2002), mostrando que a influência de uma perturbação ocorre não apenas no momento da perturbação, mas se estende para além dela. Essa influência ocorre devido ao controle motor não ser realizado apenas pela utilização de informação referente à tarefa em execução (*e.g. feedback*), mas também sobre o controle usado e as informações relacionadas à execução anterior. Assim, um conjunto de informações referentes às tentativas sem perturbação imediatamente anteriores é utilizado no momento da perturbação, como também as informações no momento da perturbação serão usadas no momento seguinte sem perturbação.

Os mesmos efeitos da perturbação nas tentativas pós-perturbação foram observados por Fonseca *et al.* (2012); entretanto, esses autores observaram ainda que os efeitos são influenciados pela prática anterior, ou seja, por experiências de aprendizagem. O estudo contemplou dois grupos submetidos a extensões diferenciadas de prática; um grupo praticou até estabilizar o desempenho (SG) e outro continuava a prática para além da estabilização (EG). Após a prática, os grupos executaram uma fase de exposição a perturbações. Foram observados efeitos diferenciados do tipo de prática: o grupo EG conseguiu se adaptar às perturbações, apresentou pouca influência da perturbação no pós-perturbação, e obteve desempenho geral superior ao SG. Por outro lado, o SG teve o desempenho comprometido frente às perturbações e não conseguiu melhorar o desempenho imediatamente após a perturbação. Como o desempenho depende da organização da ação, as diferenças observadas entre os grupos mostram que, mesmo sendo praticada apenas uma tarefa, a manipulação da prática leva à formação de estruturas de controle diferentes, cuja competência é refletida na organização da ação frente às demandas das perturbações (FONSECA *et al.*, 2012). Na tarefa utilizada, a competência foi observada na capacidade de modificar a organização temporal dos componentes da tarefa, com diminuição do tempo nos

componentes intermediários e com maior tempo no último componente para fazer os ajustes temporais e assim ser mais preciso.

Outro estudo que mostrou a influência da prática no controle da ação foi o de Izawa *et al.* (2008), ao detectar que a prática de tarefas de apontamento em contextos variáveis resulta em processos de controle da ação diferentes quando comparados à prática em contextos constantes. Mais especificamente, o perfil cinemático das ações (*i.e.* curva de velocidade) sugere que a prática em contextos constantes tende a desenvolver uma forma de organização da ação por pré-programação, com o planejamento sendo feito através do uso de informações passadas. Por outro lado, a prática em contextos variáveis favorece a organização da ação em um formato que permite mais tempo para utilização de informações correntes. Esse trabalho de Izawa *et al.* (2008) tem foco na influência da prática, particularmente da variação da prática, que será discutida na sessão seguinte.

2.2. Prática variada

A capacidade em lidar com alterações ambientais, previsíveis ou imprevisíveis, está relacionada às práticas vivenciadas (WOLPERT; KAWATO, 1998; KAWATO, 1999), mais especificamente à variação da prática (GHAHRAMANI; WOLPERT, 1997; KRAKAUER *et al.*, 2000; WERNER; BOCK, 2007). Práticas que possibilitam maiores variações em um contexto parecem favorecer mais a execução de novas tarefas dentro deste mesmo contexto (KRAKAUER *et al.*, 2000), quando comparadas a práticas sem variações.

Krakauer *et al.* (2000) investigaram os efeitos da variação da prática na adaptação manipulando a quantidade de variações de apontamentos. Durante a realização da tarefa havia uma distorção visual na relação espacial entre a informação apresentada na tela do computador e o traçado feito em uma mesa digitalizadora. Uma manipulação consistia na alteração do ganho de 1:1 para 1:1,5, ou seja, em uma situação sem manipulação um traço de 100mm na mesa correspondia a 100mm na tela, enquanto na que na aplicação do ganho um traço de 100mm correspondia a 150mm de deslocamento na tela. Outra manipulação foi na rotação, com uma modificação entre as coordenadas de referência na mesa e na tela; um traço na horizontal para a direita na mesa seria mostrado na tela como 30 graus negativos. Essas manipulações de rotação e ganho implicaram na necessidade do estabelecimento de uma nova relação entre o espaço e os comandos motores, ou seja, requeria uma transformação visuomotora (BUCH *et al.*, 2006). Os participantes foram submetidos a uma fase de prática e posteriormente a um contexto de generalização para verificar a capacidade de lidar com

perturbações. Durante a prática, os apontamentos foram feitos a apenas um, ou a múltiplos alvos (2, 4 ou 8). Quando houve a manipulação do ganho, a adaptação ocorria de forma completa, tanto durante a prática quanto frente a novas demandas, independente da quantidade de apontamentos praticados. Quando houve a manipulação da rotação, a melhora de desempenho ao longo da prática foi mais gradual à medida que se aumentava o número de alvos, enquanto a generalização a alvos não praticados, de forma oposta, era beneficiada por esse aumento.

Perspectivas como a de Krakauer *et al.* (2000) de investigar a adaptação a perturbações a partir de uma relação com as práticas anteriores aproximam os estudos de adaptação dos estudos clássicos de aprendizagem motora, que investigam os efeitos da variação da prática sobre a aprendizagem (McCRACKEN; STELMACH, 1977; LEE; MAGILL, 1983; 1985; SHEA; KOHL, 1991; SHEA *et al.*, 2001), e inclusive buscam neles referência (WERNER; BOCK, 2007; BABO *et al.*, 2008; TURNHAM *et al.*, 2012). Uma observação a ser feita é que, diferentemente dos estudos clássicos de aprendizagem motora em que as investigações sobre variação da prática possuem um histórico consistente desde a década de 1980, a preocupação de investigar os efeitos dessa variação sobre a adaptação a perturbações de forma sistemática é um tanto recente, e ainda incipiente. De certa forma, há um consenso na área de Aprendizagem Motora de que a variação da prática é importante para a aprendizagem (SCHMIDT; LEE, 2011). Esta associação entre a organização da prática variada e a aprendizagem motora será o objetivo do próximo tópico deste trabalho.

Prática variada em aprendizagem motora

Os estudos sobre prática variada surgem a partir de observações empíricas que apontam para a superioridade de práticas variadas, em que se praticam mais de uma tarefa, sobre as constantes, que consistem da prática de apenas uma tarefa (SCHMIDT; LEE, 2011). Duas vertentes de estudos, que surgem paralelamente, são identificadas nesse ínterim. De um lado, estudos sobre variabilidade da prática (McCRACKEN; STELMACH, 1977; MOXLEY, 1979; CATALANO; KLEINER, 1984), direcionados a investigar a Teoria de Esquema proposta por Schmidt (1975). A outra vertente, iniciada por Shea e Morgan (1979), trouxe para a aprendizagem motora resultados de investigações de William F. Battig em aprendizagem verbal. Essa vertente, assumindo diretamente a superioridade da prática variada, se propõe a investigar os efeitos da organização das tarefas dentro de uma sessão de prática, e sugere uma relação entre as formas de organização e mecanismos de memória por

meio de um fenômeno denominado efeito da interferência contextual (EIC). O princípio por trás desse efeito é que quanto maior a interferência entre as tarefas em uma sessão de prática, maior será a solicitação da memória durante essa prática, e conseqüentemente, maior aprendizagem.

A partir de Shea e Morgan (1979) iniciou-se uma série de estudos com o intuito de investigar o EIC em aprendizagem motora (*para revisão ver* MAGILL; HALL, 1990; BRADY, 1998; 2004; 2008; UGRINOWITSCH; MANOEL, 2005; MEIRA-JÚNIOR; TANI, 2005) utilizando prioritariamente a comparação entre práticas organizadas em blocos e práticas aleatórias, que são os dois extremos de interferência contextual. Na prática em blocos, caracterizada por baixa interferência contextual, todas as tentativas de uma dada tarefa são realizadas em sequência ininterrupta até se completarem as previstas para a sessão (SCHMIDT; LEE, 2011). Por outro lado, na prática aleatória não há uma sequência lógica de execução das tarefas previstas para a sessão, mas há a condição de que “*uma mesma tarefa é raramente repetida em tentativas consecutivas*” (SCHMIDT; LEE, 2011, p.373). Essa ausência de repetições consecutivas na prática aleatória produz uma alta interferência no contexto. Os estudos realizados com essas características corroboraram, principalmente em condições laboratoriais, a proposta de que a interferência contextual aumentada, como na prática aleatória, favorece a aprendizagem (BRADY, 2004; MEIRA-JUNIOR *et al.*, 2008).

Para explicar esse fenômeno de EIC, foram propostas duas hipóteses: a hipótese da elaboração (SHEA; MORGAN, 1979; SHEA; ZIMMY, 1983), e a hipótese do esquecimento (LEE; MAGILL, 1983; 1985). A hipótese da elaboração propõe que as práticas com alta IC permitem maior comparação entre as tarefas na memória e a melhoria da aprendizagem se daria pelo estabelecimento de distinção entre elas. Na hipótese do esquecimento é proposto que a maior IC beneficiaria a aprendizagem devido à necessidade de reconstruir o plano de ação a cada execução, o que representaria uma maior utilização da memória durante a prática para recuperar o programa na memória quando as tarefas são executadas de forma não repetitiva. Em ambas, apesar de a alta IC causar redução de desempenho na aquisição, a aprendizagem é favorecida quando comparada à prática com baixa IC.

Apesar de haver questionamentos sobre o poder de explicação dessas hipóteses, e algum conflito entre os achados sobre a organização da prática variada na aprendizagem motora (UGRINOWITSCH; MANOEL, 2005), fica evidente que há toda uma estrutura de pensamento preocupada em investigar e elucidar os efeitos da organização da prática variada na aprendizagem. Nos estudos que tratam do comportamento frente a perturbações,

entretanto, essa mesma preocupação ainda não é consistente, apesar de alguns estudos com diferentes perspectivas indicarem a sua influência (WERNER; BOCK, 2007; TURNHAM *et al.*, 2012; CORRÊA *et al.* 2010a; 2010b). Partindo do princípio de que lidar com perturbações requer a formação de uma estrutura de controle (TANI, 2005; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011), e isso depende de prática, parece propício trazer aspectos do delineamento dos estudos de aprendizagem motora para os estudos que investigam os efeitos de perturbações no comportamento motor. Essa consideração vai ao encontro da proposta de Oliveira e Clark (2006) sobre a interação de delineamentos de aprendizagem e controle motor. Na sessão seguinte serão apresentados alguns achados que demonstram a influência da organização da prática na adaptação.

2.3. Indicações de estudos com prática variada para a adaptação a perturbações

Estudos sobre organização da prática apresentam resultados indicando que diferentes organizações da prática influenciam a capacidade de lidar com alterações ambientais, (HALL *et al.*, 1994; WRIGHT *et al.*, 2005; BABO *et al.*, 2008; IZAWA *et al.*, 2008; KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011), havendo observação dos efeitos relacionados tanto à organização prévia da ação (WRIGHT *et al.*, 2005; KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011), quanto a organizações *on-line* durante a própria execução (IZAWA *et al.*, 2008). Um ponto interessante é que estes estudos apresentaram manipulações da prática conforme os estudos clássicos de aprendizagem motora (*i.e.*, organização da prática), mas também buscaram, com maior ou menor profundidade, explicações sobre os aspectos de controle resultantes desta manipulação.

Hall *et al.* (1994) e Babo *et al.* (2008) investigaram os efeitos da organização da prática variada na aprendizagem de tarefas de *timing* coincidente com tarefas complexas. Os resultados dos dois estudos mostraram que a prática em blocos possibilita bom desempenho na retenção, e que a prática aleatória possibilita bom desempenho tanto na retenção quanto na transferência, indicando a superioridade da prática aleatória. Um grande volume de estudos que investigou os efeitos da organização pode ser encontrado (e.g., LEE *et al.*, 1992), mas com o objetivo de investigar a aprendizagem e não a adaptação, e por isso não foram abordados no presente trabalho.

Um aspecto deve ser salientado nos dois estudos supracitados, é demanda das tarefas utilizadas, e a forma como elas foram organizadas nos testes. A apresentação aleatória dos estímulos de interceptação nos testes de transferência – uma bola de baseball em Hall *et*

al. (1994), e um estímulo luminoso tipo *bassin anticipation timer* em Babo *et al.* (2008) – apresentam características que se assemelham aos estudos de perturbação. A velocidade de deslocamento do alvo era desconhecida e mudava a cada execução, o que demandava a organização da ação apenas após a apresentação do estímulo, e em Hall *et al.* (1994), havia uma demanda adicional de a bola arremessada mudar de velocidade ao longo da trajetória requerendo reorganização da ação para atingir a meta. Essas demandas aumentadas de (re)organização da ação a partir da detecção do estímulo externo permitiram aos autores, em ambos os estudos, apresentarem explicações coincidentes de que a superioridade da prática aleatória se deve à melhor capacidade de extração e uso de informação na organização, ou reorganização das ações, adquirida durante a prática¹. Apesar dessas inferências, os resultados apresentados pelos autores (BABO *et al.*, 2008; HALL *et al.*, 1994) não permitem assumir essas explicações de forma definitiva, mas apenas como hipóteses, uma vez que não foram feitas análises dos aspectos informacionais. Entretanto, outros estudos demonstram de modo mais consistente que a capacidade de extrair e usar informações, que são características determinantes para lidar com perturbações, varia conforme a prática e determina tanto a (re)organização prévia (WRIGHT *et al.*, 2005; KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011), quanto a organização *online* da ação (IZAWA *et al.*, 2008).

Wright *et al.* (2005) investigaram os efeitos das práticas variadas em blocos e aleatória sobre a organização e reorganização da ação em duas tarefas com a mesma demanda de tempo total, mas com *timing* relativo diferentes. Apesar de as tarefas possuírem tempo alvo, elas deveriam ser iniciadas o mais rápido possível o que, nos testes, permitiu o uso do tempo de reação (TR) como indicador de (re)organização prévia (HENRY; ROGERS, 1960). Os testes de aprendizagem foram realizados com a apresentação de dicas visuais acerca do *timing* da tarefa a ser executada. Em um dos testes havia tentativas em que a dica não era apresentada, o que impunha demanda de organização da ação; e no outro teste a dica era incorreta, o que demandava reorganização. Em ambas as condições, os participantes que praticaram aleatoriamente apresentaram menores TR e mais acertos, indicando melhor capacidade em extrair informações ambientais e (re)organizar a ação. Reduções de TR e aumento de acertos como os de Wright *et al.* (2005), também foram encontrados em tarefas de sequenciamento (KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011) reforçando as evidências de que a organização da prática influencia a extração de informação e a organização prévia da ação.

¹“... uma boa parte do sucesso nessa situação [rebatida em jogo de beisebol] é aprender a identificar [o tipo de arremesso], e reconstruir rápida e adequadamente a ação necessária para cada tipo de bola. A prática aleatória deve facilitar esse processo.” (HALL *et al.* 1994, p. 840)

Além das demonstrações de efeitos da prática sobre a organização prévia da ação, há resultados que sugerem que a prática variada, em tarefas que permitem mudança sensório-motora após o início da tarefa, como apontamentos com distorção, pode influenciar a adoção de uma organização prévia (*i.e.* pré-programação), ou de uma organização *online* da ação (*i.e.* *feedback*) quando informações relevantes estiverem disponíveis durante a execução (IZAWA *et al.*, 2008). Mais especificamente, tanto a prática aleatória quanto a prática constante, em que apenas uma tarefa é praticada por toda a sessão, possibilitam a melhora do desempenho. Entretanto, Izawa *et al.* (2008) mostraram que, na prática constante o controle ocorria através de pré-programação, enquanto nas práticas aleatórias o controle ocorria *online*. Estes dados indicam que a estrutura de prática leva a diferentes formas de controle da ação realizada.

Deve ser ressaltado que Izawa *et al.* (2008) não realizaram um estudo clássico de organização da prática variada, mas um estudo de adaptação em que havia a presença de prática constante, e dois tipos de práticas aleatórias. Assim, para se fazer uma comparação de seus resultados com os estudos de prática variada, algumas considerações devem ser apontadas. É bastante óbvia a possibilidade de extrapolar os resultados de Izawa *et al.* (2008) obtidos na prática aleatória para os delineamentos clássicos de organização da prática variada em aprendizagem motora, que apresentam essa mesma forma de organização. Não é tão óbvia, no entanto, a possibilidade de extrapolar os resultados obtidos por estes autores na prática constante, uma vez que esta não é uma prática variada. Além disso, a extrapolação dos resultados nessa prática pode ser feita para a prática em blocos, pois a partir de três execuções consecutivas de uma mesma tarefa a quarta tentativa é pré-programada a partir de informações das execuções anteriores (GRAY, 2002). Como quantidade de execuções em cada bloco de tentativas na prática por blocos ultrapassa essa quantidade de três execuções consecutivas de uma mesma tarefa, os resultados de Izawa *et al.* (2008) podem ter importância para considerações acerca da prática variada, e indicar expectativas de formas de organização da ação a partir das práticas em blocos e aleatória. Uma interpretação para os resultados de Izawa *et al.* (2008) é de que à medida que o ambiente apresenta pouca interferência, ele se torna mais previsível e possibilita que a organização da ação se baseie nas informações referentes às ações anteriores (GRAY, 2002). Por outro lado, quando a interferência aumenta, em certos tipos de tarefa (*e.g.* interceptação, apontamento) há necessidade de maior uso das informações correntes, levando o sistema sensório-motor a buscar estratégias que facilitem a extração dessas informações, como a organização *online*.

De forma geral, os diversos contextos em que os indivíduos agem são variáveis, apresentando perturbações tanto previsíveis quanto imprevisíveis, e cada uma delas apresenta suas demandas específicas. Alguns resultados têm mostrado que a variação da prática é importante para lidar com perturbações, mas não têm se preocupado com a organização da prática (*i.e.*, organização da prática variada) como ocorre em estudos de aprendizagem motora. Os estudos em aprendizagem motora, por sua vez, mesmo sugerindo e mostrando que há alterações em aspectos relevantes para a adaptação, como o uso de informações na organização da ação, se atêm aos efeitos da organização da prática sobre a aprendizagem. Ou seja, focam na formação e duração de estrutura de controle, mas sem se preocupar em quanto esta estrutura formada possibilita adaptar a perturbações. O presente estudo tem como intenção auxiliar no preenchimento dessa lacuna, a partir de um delineamento que mescle as características dos estudos de organização da prática com os de adaptação motora e, então auxiliar na compreensão dos efeitos de organizações da prática variada na adaptação a perturbações com diferentes previsibilidades.

3.OBJETIVO E HIPÓTESES

3.1.Objetivo geral

Investigar os efeitos da prática variada, em blocos e aleatória, sobre o comportamento motor em contextos com perturbações previsíveis e em contextos com perturbações imprevisíveis.

3.2. Objetivos específicos

- 1) Investigar se a forma de organização da prática variada influencia a adaptação frente perturbações previsíveis
- 2) Investigar se a forma de organização da prática variada influencia a adaptação frente perturbações imprevisíveis.
- 3) Investigar se a forma de organização da prática variada influencia a manutenção do desempenho após a execução de uma tentativa com perturbação.
- 4) Investigar se a forma de organização da prática variada influencia a organização da ação em contextos com perturbação.

3.3. Hipóteses de estudo

1º experimento: Perturbações previsíveis

Hipótese 1: O desempenho dos grupos, AL e BL, não será afetado pela apresentação das perturbações, devido à baixa demanda das perturbações previsíveis.

Hipótese 2: A organização da ação será semelhante nos dois grupos, pois a característica de previsibilidade do contexto possibilitaria que ambos os grupos realizassem uma organização prévia das ações, indicadas por mudanças nos tempos parciais de acordo com a demanda, começando desde o primeiro componente (Tpar1)

2º experimento: Perturbações imprevisíveis

Hipótese 1: O desempenho do grupo AL será superior a BL, pois ele adquirirá maior capacidade de detectar as mudanças contextuais e modificar o comportamento conforme as novas demandas.

Hipótese 2: Os grupos apresentarão diferença na organização da ação em elementos críticos: Tempo de reação² (TR; detecção e planejamento inicial), e nos componentes motores iniciais principalmente Tpar1, e finais, especificamente Tpar5 (ajustes finais).

² Tempo de Reação (TR) corresponde o tempo entre a apresentação de um estímulo não antecipado e o início da resposta, e reflete o menor tempo necessário para planejar e iniciar uma tarefa (SCHMIDT; LEE, 2011). Em tarefas de *timing* coincidente não há essa demanda de iniciar a tarefa no menor tempo possível, pois pode haver uma troca entre o tempo de reação e o tempo de movimento. Assim, o termo Tempo de Reação está sendo usado neste trabalho para designar o tempo para início da tarefa que indicar planejamento anterior a execução.

4. 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; LOSCHIAVO-ALVARES, 2010). Em ambos os experimentos, os participantes praticaram três variações de uma tarefa de *timing* coincidente organizadas por blocos ou aleatória, de acordo com o grupo, e aproximadamente 24h depois da prática, foram expostos a uma situação de perturbações. No primeiro experimento, as perturbações da fase de exposição eram previsíveis, e no segundo experimento elas eram imprevisíveis para os sujeitos. Os dois experimentos são detalhados a seguir.

5. MÉTODO – Experimento 1 (perturbações previsíveis)

5.1. Amostra

Participaram como voluntários deste experimento 37 jovens universitários de ambos os sexos, com idade entre 18 e 33 anos, e inexperientes na tarefa. Anteriormente à participação no estudo, todos os participantes forneceram consentimento livre e esclarecido de acordo com o termo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – COEP/UFMG (CAAE – 02017012.7.0000.5149).

5.2. Aparelho e tarefa

O aparelho utilizado no experimento, ilustrado na figura 1, é similar ao de Corrêa e Tani (2004), e foi previamente utilizado em outros estudos (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; FONSECA *et al.*, 2012; LEITE *et al.*, 2013). Ele consiste de uma canaleta com diodos luminosos (LEDs) e uma caixa de resposta. A canaleta mede 1,83m de comprimento e contém 97 LEDs, um amarelo e 96 vermelhos, e é colocada sobre uma mesa em frente ao executante com uma inclinação de 30° em relação ao plano horizontal. A caixa de resposta mede 1,50m x 1,00m x 0,20m, e possui seis sensores fotoelétricos alocados em orifícios de 0,11m x 0,11m. Esses sensores são interligados à canaleta possibilitando medir o tempo de reação, os tempos

de movimento entre cada sensor, e o erro temporal entre o toque do último alvo e o acendimento do último diodo. A precisão dessas medidas é de 0,005s.

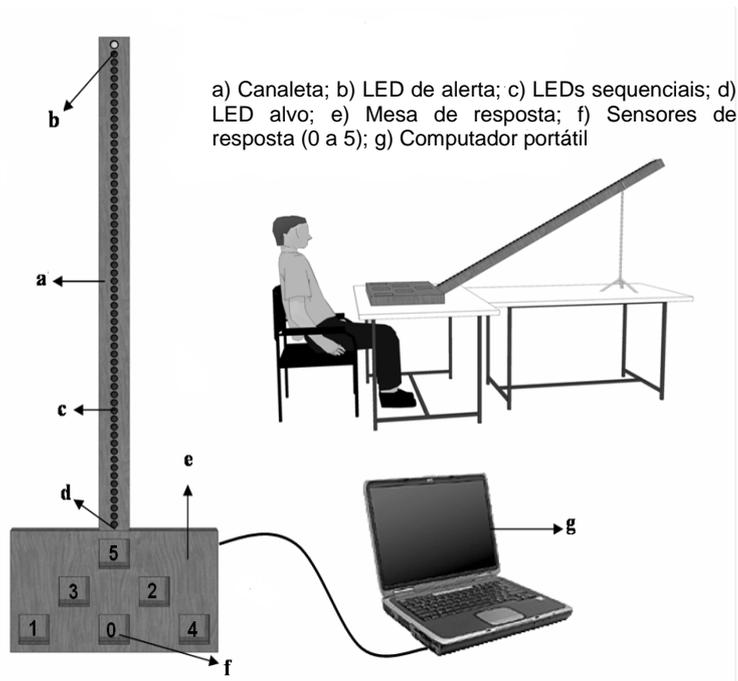


Figura 1 – Ilustração do aparelho de coleta de dados, e do posicionamento dos voluntários durante a coleta.

A tarefa requeria a realização de toques consecutivos nos sensores, em uma ordem pré-determinada, de forma a coincidir o toque no último sensor com o acendimento do último LED, o que caracterizou esta tarefa como uma tarefa complexa de *timing* coincidente. Para iniciar a tarefa, o sujeito sentava em frente à caixa de resposta com a mão tocando o sensor 0 e, então, o LED amarelo (1º LED) acendia como um sinal de alerta. Após um breve intervalo (1-2s), o LED amarelo apagava e os LEDs vermelhos acendiam e apagavam sequencialmente, do mais distante dos LEDs para o mais próximo, de forma a simular um feixe de luz se deslocando em direção à caixa de resposta. Durante o “deslocamento” do estímulo visual, o participante executava a sequência de toques nos sensores fotoelétricos (1-2-3-4-5) com duas restrições: 1) tocar o último sensor simultaneamente ao acendimento do último LED vermelho; e 2) não interromper o movimento durante a execução. Todos os sujeitos receberam a instrução de poderem (e deverem) regular a velocidade de movimento durante a execução da tarefa de acordo com estímulo luminoso, porém não poderia haver paradas. Essa

restrição teve como intenção evitar que os participantes tocassem os sensores 1 a 4 em alta velocidade, e parassem o movimento aguardando no sensor 4 para tocar o 5, o que comprometeria a característica de uma tarefa seriada. A restrição temporal para realização da tarefa e os procedimentos após as tentativas variaram nas diferentes fases e serão detalhados na sessão delineamento.

5.3. Delineamento

O experimento consistiu de um delineamento com três fases: familiarização, aquisição e exposição a perturbações (FIG.2). A fase de familiarização teve como intuito ajustar a posição dos participantes, possibilitar que eles compreendessem o funcionamento do equipamento e também o cumprimento das instruções apresentadas. Para isso, foram realizadas 10 seqüências de toques nos sensores na ordem predeterminada, mas sem restrição temporal. Após estas tentativas foram realizadas 10 tentativas em velocidade máxima, sendo o participante incentivado a aumentar a velocidade a cada três tentativas aproximadamente. Finalmente, os participantes executaram 10 tentativas com demanda de *timing*, em ordem aleatória e com restrições temporais diferentes das utilizadas durante o experimento (1500ms e 3000ms) e sem fornecimento de *feedback* aumentado.

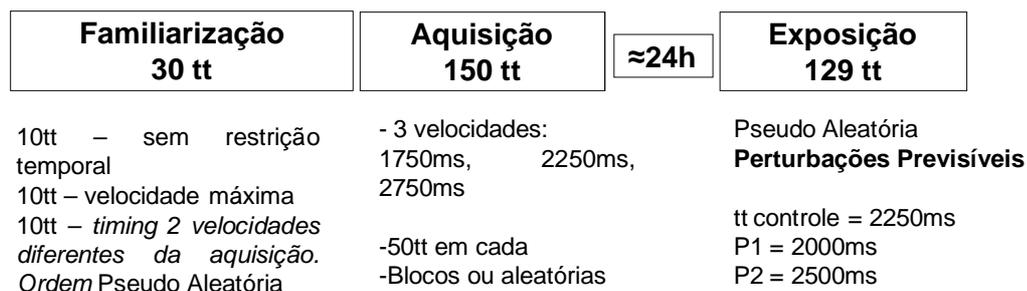


Figura 2 – Síntese do delineamento do primeiro experimento. tt = tentativas

Após a familiarização, iniciava a fase de aquisição e os sujeitos eram designados para um dos dois grupos de prática, bloco (BL, n=19) ou aleatória (AL, n=18), e realizaram a prática da tarefa proposta em três velocidades, ou restrições temporais, distintas, T1 (104,6cm.s⁻¹ ou 1750ms), T2 (81,33cm.s⁻¹ ou 2250ms) e T3 (66,54cm.s⁻¹ ou 2750ms) que foram organizadas conforme o grupo especificado. O número de execuções foi de 150

tentativas, e cada uma das restrições temporais era apresentada 50 vezes. No grupo BL foram executadas todas as tentativas em uma dada restrição para posteriormente passar a outra até completarem as 150 em ordem contrabalanceada entre os participantes, enquanto os participantes do grupo AL executaram-nas em uma ordem pseudo-aleatória, com a condição de que uma determinada restrição temporal não fosse apresentada mais que duas vezes seguidas.

Ao término de cada tentativa na aquisição foi fornecido *feedback* aumentado de forma qualitativa sobre a precisão do desempenho da seguinte maneira: quando a resposta era finalizada com uma diferença entre 0 e |25|ms do tempo alvo foi fornecida a informação “Acertou!”; quando a diferença estivesse entre |26|a|50|ms era dito “atrasou/adiantou um pouco”; se estivesse entre |51|e |75|ms era dito “Atrasou/adiantou”; e se a diferença fosse maior que |75|ms, a informação era “atrasou/adiantou muito”. A informação “atrasou” foi usada quando o participante tocava o último sensor depois do acendimento do último LED vermelho, e “adiantou” foi usado quando o último sensor era tocado antes do acendimento do último LED.

Aproximadamente 24h após a fase de aquisição, os indivíduos retornavam à sala de coleta de dados e eram submetidos à fase de exposição a perturbações. Esse intervalo foi proposto para que pudessem ser dissipados os efeitos transitórios (LINTERN, 1988) e se estabelecer a consolidação das informações relacionadas à prática (SHADMEHR; BRASHERS-KRUG, 1997). Essa nova fase foi constituída por 129 tentativas da mesma tarefa praticada na aquisição. Entretanto, na condição de exposição, ambos os grupos, BL e AL, executaram as tentativas na mesma sequência e padrão de organização (QUADRO 1). A restrição de timing de 2250ms (T2) foi utilizada em tentativas controle, e executada 111 vezes, e as outras 18 tentativas foram de perturbação, apresentadas de forma pseudo-aleatória intercaladas às tentativas controle em formato semelhante ao estudo de Fonseca *et al.* (2012). Das perturbações, nove (P1) foram mais rápidas que as tentativas controle ($91,5\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ou 2000ms), e as outras nove (P2) foram mais lentas ($73,2\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ou 2500ms). A primeira perturbação foi inserida na sétima tentativa e, subsequentemente, havia uma perturbação após cada seis tentativas controle; o que garantia a imprevisibilidade para os participantes (FONSECA, 2009). A sequência de toques nos sensores foi mantida a mesma da aquisição, tanto para as tentativas controle quanto para as perturbações.

QUADRO 1 – Ilustração da quantidade de tentativas e organização das perturbações nos experimentos 1 e 2.

T		T		T		T	
1-6	↔	35	P2	64-69	↔	98	P1
7	P1	36-41	↔	70	P1	99-104	↔
8-13	↔	42	P2	71-76	↔	105	P2
14	P2	43-48	↔	77	P2	106-111	↔
15-20	↔	49	P1	78-83	↔	112	P2
21	P2	50-55	↔	84	P1	113-118	↔
22-27	↔	56	P2	85-90	↔	119	P2
28	P1	57-62	↔	91	P1	120-125	↔
29-34	↔	63	P1	92-97	↔	126	P1
						127-129	↔

T =tentativas; ↔ = controle; P1 e P2= perturbações

Nesse primeiro experimento, as perturbações na fase de exposição foram precedidas de dicas visuais para garantir um aspecto previsível para os participantes (RICHTER, 2004). A previsibilidade era assegurada a partir da apresentação de um cartão indicador de mudança de velocidade do estímulo no intervalo entre as tentativas controle pré-perturbação e as perturbações. Um cartão com um sinal “+” indicava aumento na velocidade, e um sinal “-” indicava redução na velocidade. Os sinais garantiam a previsibilidade sem indicar a magnitude da mudança, apenas a direção. Assim, era assegurada a significância das informações (COTHROS *et al.*, 2009), mas mantendo a demanda de acompanhamento do estímulo para que a ação fosse organizada adequadamente. Esse procedimento foi explicado a todos os participantes antes do início da fase de exposição, como também foi enfatizada a necessidade de terminar uma execução coincidindo exatamente com o acendimento do último LED, mesmo nas situações de perturbação.

5.4. Procedimentos

A coleta de dados foi realizada no laboratório do Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, e em uma sala

similar no Departamento de Ciências da Educação Física e Saúde da Universidade Federal de São João del-Rei.

Os participantes foram recebidos individualmente pelo pesquisador, que informava os procedimentos gerais e caráter da pesquisa. Após isso, era-lhes entregue o termo de consentimento livre e esclarecido para ser lido e assinado, e então, iniciavam-se os procedimentos de instruções e coleta de dados descritos anteriormente.

Durante toda a parte de instrução sobre o experimento, aparelho e tarefa, em cada uma das fases experimentais, os participantes permaneciam sentados em uma cadeira em frente ao aparelho. As instruções foram padronizadas, e em ambas as fases, de aquisição e de exposição, era enfatizado que: 1) a tarefa somente deveria ser iniciada após o LED amarelo apagar; 2) a necessidade de tocar o último sensor exatamente junto ao acendimento do último LED da canaleta; 3) e que não deveria haver interrupção da sequência após iniciada. Após conferir que não havia dúvidas quanto aos procedimentos, era iniciada a coleta de dados na fase.

5.5. Variáveis dependentes

Quatro variáveis dependentes, duas de desempenho e duas de organização da ação, foram analisadas conforme segue:

Variáveis de Desempenho:

Erro Absoluto (EA): O EA foi usado como indicador de precisão de desempenho dos participantes. Ele é obtido a partir da diferença escalar do tempo entre o toque do último sensor e o acendimento do último diodo (SCHMIDT; LEE, 2011).

Erro variável (EV): O EV foi usado como indicador de consistência/variabilidade do desempenho dos participantes. Ele é obtido a partir do cálculo da variabilidade da diferença vetorial entre o tempo de toque do último sensor e o acendimento do último diodo (SCHMIDT; LEE, 2011).

As variáveis de desempenho foram utilizadas na fase de aquisição, primeiramente para identificar se as práticas possibilitavam melhora de desempenho, e em um segundo momento para verificar se após 24h havia persistência no desempenho. Na fase de exposição, EA e EV foram usados para verificar o desempenho frente às perturbações e se as perturbações teriam efeitos no desempenho nas tentativas imediatamente posteriores a elas (THOROUGHMAN; SHADMEHR, 2000; FONSECA *et al.*, 2012), possibilitando investigar a primeira hipótese de estudo.

Variáveis de organização da ação:

Tempos parciais: Os tempos parciais da ação compreendem o tempo de reação (TR), que é o tempo entre o apagamento da LED de alerta e o início da execução da tarefa, e os tempos dos cinco submovimentos que compunham a tarefa (Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4 e Tpar5).

Esses tempos parciais foram utilizados como indicadores da forma de organização da tarefa nas tentativas pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação possibilitando verificar a segunda hipótese de estudo.

5.6. Tratamento dos dados e análise estatística

Após a organização dos dados em média e em medida de dispersão, todos os dados foram conferidos quanto à normalidade, homocedasticidade e esfericidade, sendo observadas algumas violações de esfericidade. Nestes casos foi usado o fator de correção Green House-Geisser (G-G). Os dados foram tratados por ANOVAs (Grupos x Blocos), sendo que o número de medidas repetidas variou em função da fase do experimento analisada. Para o detalhamento de diferenças e interações nas ANOVAS foi utilizado o *post-hoc LSD*, escolhido devido aos coeficientes de variação serem superiores a 0,30 (SAMPAIO, 1998). Em seguida foram realizadas as demais análises para responder às hipóteses testadas.

Para a análise da fase de aquisição e da persistência do desempenho 24h após foi utilizada uma ANOVA 2-way (2 Grupos x 7 Blocos com medidas repetidas) para cada uma das variáveis de desempenho, EA e EV. Os dados foram agrupados em blocos de três tentativas e, para aumentar o poder da análise, mas ainda possibilitar uma observação do comportamento dos grupos ao longo da fase, os blocos Aq1, Aq17, Aq18, Aq34, Aq35 e

Aq50 foram analisados. Esses blocos de análise correspondiam às três tentativas iniciais e finais de cada bloco de 50 tentativas da prática em blocos. As primeiras tentativas controle da fase de exposição foram agrupadas e comparadas (*post-hoc*) com as últimas tentativas da aquisição (Aq50) em formato de teste de retenção. A primeira tentativa da exposição foi descartada devido a efeitos de *warm-up decrement* (APÊNDICE 1).

As hipóteses de estudo foram testadas a partir de análises na fase de exposição, sendo as análises separadas em variáveis de desempenho: EA e EV, e variáveis de organização da ação (tempo de reação e tempos parciais): TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5, cada uma delas analisada separadamente. As variáveis de desempenho foram utilizadas para responder a primeira hipótese, de que ambos os grupos apresentariam bons desempenhos na exposição às perturbações, enquanto as variáveis de organização da ação foram utilizadas para responder a segunda hipótese de que também a organização da ação seria semelhante entre os grupos.

Os dois grupos de variáveis (i.e., desempenho e organização da ação), foram organizados de forma a possibilitar o detalhamento do comportamento ao longo da fase de exposição, e também dos efeitos das perturbações. Primeiramente, as nove perturbações P1 (2000ms) e as nove P2 (2500ms) foram separadas, devido à adaptação a cada uma delas requerer correções e organizações distintas da ação: aumento da velocidade do estímulo luminoso na P1 e diminuição na P2. Ademais, por se tratar de um processo longo, 129 tentativas, poderia haver mudanças no desempenho ao longo da fase (e.g. aprendizagem), assim as nove perturbações de P1 e P2, e suas respectivas tentativas pré- e pós-perturbação, foram agrupadas em blocos de três tentativas. Este procedimento possibilitou uma visão de momento inicial (P1-1 e P2-1), intermediário (P1-2 e P2-2) e final da exposição (P1-3 e P2-3). Após esse procedimento, cada um dos momentos foi analisado separadamente através de uma ANOVA 2-way (2 Grupos x 3 Blocos com medidas repetidas) nos momentos pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação tanto para as variáveis de desempenho (EA e EV), quanto de organização da ação (TR e Tempos parciais). A partir da comparação de pré-perturbação com a perturbação foi possível verificar o efeito da perturbação sobre o desempenho no momento de sua apresentação, enquanto a partir da comparação da perturbação com o pós-perturbação, e do pós- com o pré-perturbação foi possível verificar se possíveis efeitos da perturbação se manifestariam no pós-perturbação (FONSECA *et al.*, 2012).

6. RESULTADOS – Experimento 1

Os primeiros resultados são de desempenho na *fase de aquisição* e nas *primeiras tentativas da exposição*, tratadas como retenção. Posteriormente, serão apresentados os resultados de desempenho e dos componentes da ação durante a *fase de exposição* nas tentativas pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação, sendo primeiro os referentes às perturbações rápidas (P1), e em seguida os referentes às perturbações lentas (P2).

Os resultados nas duas perturbações estão organizados de iniciais para finais, sendo apresentado o desempenho e os seus respectivos componentes da ação. Assim, na P1 serão apresentados todos os resultados referentes ao momento inicial (P1-1), desempenho e componentes da ação, para depois passar ao momento intermediário (P1-2), e assim sucessivamente para as duas perturbações.

6.1. Aquisição e retenção

O GRAF. 1 ilustra os resultados de desempenho, EA e EV. A ANOVA, com correção G-G, mostrou interação significativa entre grupos e blocos na análise do EA [$F(6,210) = 11,22$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. O *post-hoc* detectou melhora na precisão ao longo da fase de aquisição ($p < 0,002$), que se manteve na retenção em ambos os grupos, AL ($p > 0,49$) e BL ($p > 0,95$). Entre os grupos, foi identificado que BL apresentou melhor precisão no 1º ($p < 0,002$), 17º ($p < 0,01$), 34º ($p < 0,01$) blocos, enquanto AL apresentou melhor precisão nos blocos 18 ($p < 0,001$) e 35 ($p < 0,01$) blocos. Apesar das diferenças, os grupos terminaram a aquisição com precisão semelhante ($p > 0,61$) que se manteve na retenção ($p > 0,92$).

Quanto à consistência (EV), a ANOVA, com correção G-G, mostrou interação significativa entre grupos e blocos [$F(6,210) = 10,01$, $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* detectou melhora na consistência do desempenho ($p < 0,001$) ao longo da aquisição, que se manteve na retenção em ambos os grupos, AL ($p > 0,08$) e BL ($p > 0,98$). Entre os grupos, foi identificado que o grupo BL apresentou maior consistência no 1º ($p < 0,001$), 17º ($p < 0,001$) e 34º ($p < 0,001$) blocos, e AL apresentou maior consistência no 18º bloco ($p < 0,02$). Apesar das diferenças, os grupos terminaram a aquisição com consistência semelhante, ($p > 0,25$), que se manteve na retenção ($p > 0,65$).

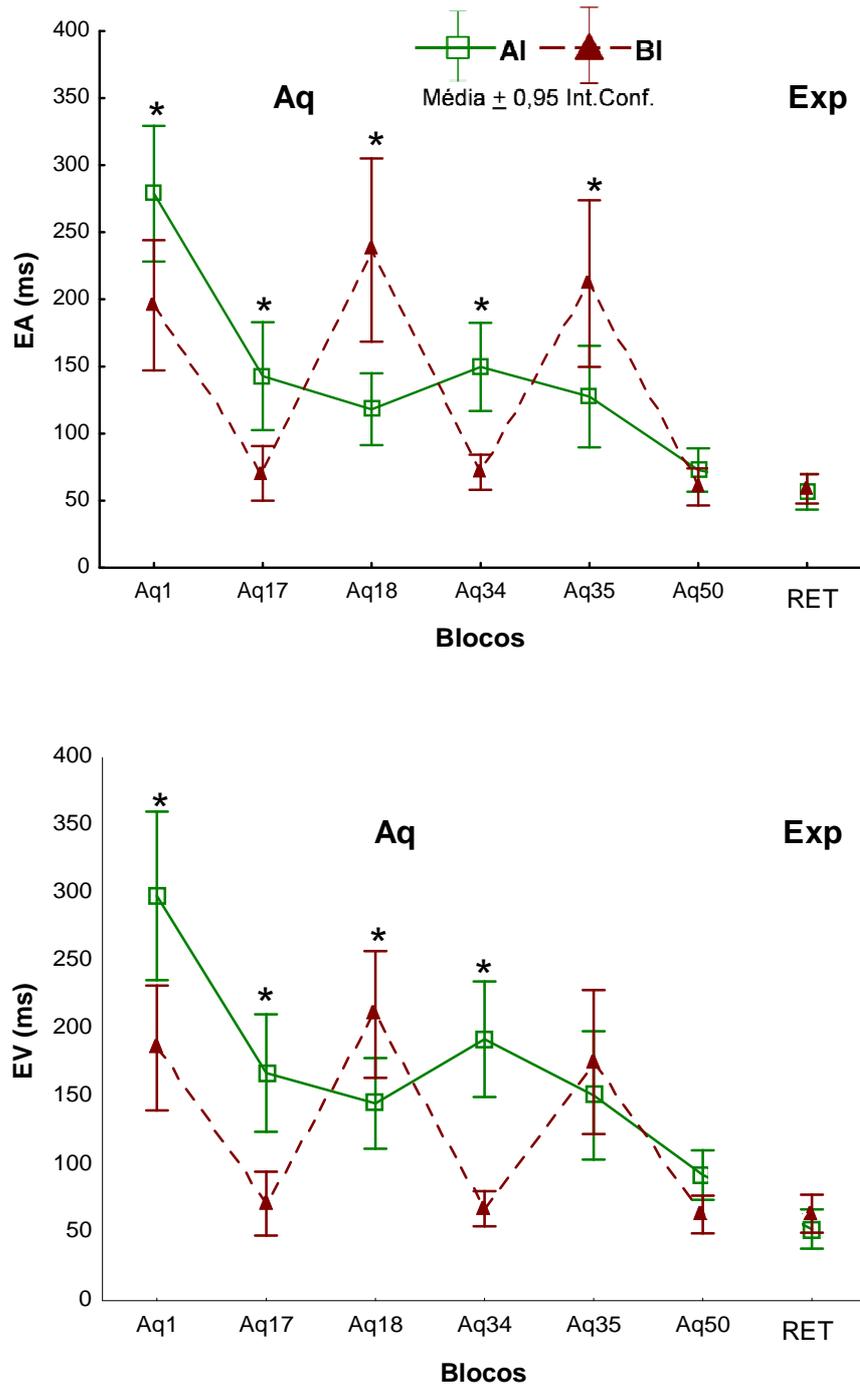


GRÁFICO 1 – O gráfico superior mostra melhoria da precisão (EA) ao longo da fase de aquisição em ambos os grupos ($p < 0,001$), e manutenção dessa precisão na retenção ($p > 0,92$). O gráfico inferior apresenta o aumento da consistência (EV) ao longo da fase de aquisição em ambos os grupos ($p < 0,001$), e manutenção dessa consistência na retenção ($p > 0,65$). Em ambos os gráficos os * indicam diferença entre grupos no bloco especificado ($p < 0,01$).

6.2. Exposição a perturbações: Perturbação 1 (2000ms)

Momento inicial: P1-1

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 2a e 2b respectivamente. A ANOVA identificou diferença na medida de precisão (EA) entre os blocos [$F(2,70) = 5,67$; $p < 0,01$; poder = 0,84]. O *post-hoc* detectou redução de precisão frente à perturbação ($p < 0,03$), mantendo-se reduzida no pós-perturbação ($p > 0,31$), sem tender a retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,01$). Não foi identificada diferença entre os grupos [$F(1,35) = 2,18$; $p > 0,14$] ou interação significativas [$F(2,70) = 2,49$; $p > 0,08$]. Devido à diferença entre blocos, a inspeção do comportamento dos grupos no gráfico, e à interação estar próxima de significância, foi conduzida uma ANOVA *one-way* entre os blocos de cada grupo separadamente, para maior detalhamento do comportamento (HEYES; FOSTER, 2002). As ANOVAs *one-way* identificaram que o grupo AL não alterou a precisão ao longo dos blocos analisados [$F(2,36) = 1,38$; $p > 0,26$], enquanto o grupo BL apresentou redução [$F(2,34) = 6,51$; $p < 0,01$; poder = 0,88]. O *post-hoc* indicou que o grupo BI apresentou redução da precisão frente à perturbação ($p < 0,01$), e manteve essa precisão reduzida no pós-perturbação ($p > 0,98$), sendo, também, menor que no pré-perturbação ($p < 0,01$). Quanto à consistência do desempenho (EV) não foram identificadas diferenças significativas entre blocos [$F(2,70) = 0,76$; $p > 0,47$], grupos [$F(1,35) = 1,56$; $p > 0,21$] ou interação [$F(2,70) = 0,32$; $p > 0,72$].

Componentes da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 2c. A ANOVA identificou que o tempo para início da tarefa foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 21,40$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e o *post-hoc* detectou que os grupos iniciaram mais rapidamente a tarefa frente à perturbação, acompanhando a nova demanda previsível ($p < 0,005$). Quando a perturbação foi retirada, o tempo para início da tarefa aumentou em relação à perturbação ($p < 0,001$), e também em relação ao pré-perturbação ($p < 0,001$). A

ANOVA não indicou diferenças entre os grupos [$F(1,35) = 0,002$; $p > 0,96$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,857$; $p > 0,42$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 2d. O grupo AL foi mais rápido que o BL em Tpar1 [$F(1,35) = 8,57$; $p < 0,01$; poder = 0,81]. Foi identificada, também, influência da perturbação [$F(2,70) = 17,13$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e o *post-hoc* detectou que, em ambos os grupos, este tempo reduziu do pré-perturbação para perturbação ($p < 0,001$), mas manteve-se semelhante da perturbação para o pós-perturbação ($p > 0,12$), sem retornar aos valores pré-perturbação ($p < 0,002$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,12$; $p > 0,88$].

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 2e. Os grupos ajustaram o componente Tpar2 conforme as demandas [$F(2,70) = 102,17$; $p < 0,001$; poder=1,00], reduzindo a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), aumentando novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,02$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 2,99$; $p > 0,09$], nem interação significativa [$F(2,70) = 1,32$; $p > 0,27$].

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 2f. A ANOVA com correção G-G, identificou que os grupos ajustaram o componente Tpar3 conforme as demandas [$F(2,70) = 57,78$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. Os grupos reduziram a duração de Tpar3 frente à perturbação ($p < 0,001$), e aumentaram novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem retornar aos valores pré-perturbação ($p < 0,04$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 1,95$; $p > 0,17$], nem interação significativa [$F(2,70) = 1,65$; $p > 0,19$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 2g. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 79,16$; $p < 0,001$; poder = 1,00], e o *post-hoc* detectou redução na duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), aumentando novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem alcançar os níveis pré-perturbação ($p < 0,01$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,00$; $p > 0,99$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,08$; $p > 0,92$].

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 2h. A ANOVA identificou que o grupo AL apresentou duração mais longa do componente [$F(1,35) = 7,38$; $p < 0,01$; poder = 0,75], mas ambos os grupos ajustaram o componente Tpar5 conforme as demandas [$F(2,70) = 27,37$; $p < 0,001$; poder = 1,00], e o *post-hoc* detectou que os grupos executaram Tpar5 frente a perturbação mais rapidamente do que pré-perturbação ($p < 0,001$), e mais lentamente após a perturbação ($p < 0,001$). Após a perturbação, a duração do componente foi maior que no pré-perturbação ($p < 0,01$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,12$; $p > 0,88$].

Momento intermediário: P1-2

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 2a e 2b respectivamente. A ANOVA para a precisão de desempenho (EA) não identificou diferenças entre os grupos, [$F(1,35) = 0,00$; $p > 0,96$]; blocos, [$F(2,70) = 2,35$; $p > 0,10$]; ou interação significativa, [$F(2,70) = 1,85$; $p > 0,16$]. Na análise da consistência (EV), a ANOVA também não identificou diferenças entre grupos [$F(1,35) = 1,91$; $p > 0,17$], blocos [$F(2,70) = 1,91$; $p > 0,15$], ou interação significativa [$F(2,70) = 0,35$; $p > 0,35$].

Organização da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 2c. A ANOVA, com correção G-G, identificou que o tempo para início da tarefa foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 9,67$; $p < 0,001$; poder = 0,97], sendo que ambos os grupos aumentaram o tempo para início da tarefa da tentativa com perturbação para a pós- ($p < 0,01$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,34$; $p > 0,55$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,23$; $p > 0,79$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 2d. O grupo AL foi mais rápido que BL [$F(1,35) = 6,51$; $p < 0,02$; poder = 0,69]. Foi identificada, também, que o componente Tpar1 foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 17,13$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e o *post-hoc* detectou que este tempo reduziu do pré-perturbação para perturbação ($p < 0,001$), mas manteve-se semelhante da perturbação para o pós-perturbação ($p > 0,35$), sem retornar aos valores pré-perturbação ($p < 0,02$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,06$; $p > 0,94$].

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 2e. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 67,33$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. O *post-hoc* detectou redução na duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), aumentando novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,04$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 2,60$; $p > 0,11$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,05$; $p > 0,94$].

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 2f. A ANOVA com correção G-G, identificou que os grupos ajustaram o componente conforme as demandas

[F(2,70) = 99,02; $p < 0,001$; poder = 1,00]. O *post-hoc* identificou que os grupos reduziram a duração de Tpar3 frente à perturbação ($p < 0,001$), e aumentaram novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem retornar aos valores pré-perturbação ($p < 0,002$). Não houve diferença entre os grupos [F(1,35) = 1,75; $p > 0,19$], nem interação significativa [F(2,70) = 0,75; $p > 0,70$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 2g. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [F(2,70) = 64,47; $p < 0,001$; poder = 1,00]. O *post-hoc* detectou redução na duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), aumentando novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,03$). Não houve diferença entre os grupos [F(1,35) = 0,51; $p > 0,47$], nem interação significativa [F(2,70) = 0,09; $p > 0,91$].

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 2h. A ANOVA identificou que o grupo AL apresentou duração mais longa do componente [F(1,35) = 5,71; $p < 0,03$; poder = 0,64], mas ambos os grupos ajustaram o componente Tpar5 conforme as demandas [F(2,70) = 26,5; $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* detectou que os grupos executaram Tpar5 frente à perturbação mais rapidamente do que pré-perturbação ($p < 0,001$), e mais lentamente após a perturbação ($p < 0,001$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,22$). Não houve interação significativa [F(2,70) = 0,12; $p > 0,88$].

Momento final: P1-3

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 2a e 2b respectivamente. A ANOVA para a precisão de desempenho (EA) não identificou diferenças entre os grupos [F(1,35) = 2,43; $p > 0,12$], blocos, [F(2,70) = 1,66; $p > 0,19$]; ou interação significativa [F(2,70) = 0,84; $p > 0,43$]. Na análise da consistência (EV), a ANOVA também

não identificou diferenças entre grupos [$F(1,35) = 0,04$; $p > 0,83$], blocos [$F(2,70) = 0,74$; $p > 0,47$], ou interação significativa [$F(2,70) = 0,12$; $p > 0,88$].

Organização da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 2c. A ANOVA, com correção G-G, identificou que o tempo para início da tarefa foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 7,71$; $p < 0,002$; poder = 0,97], sendo que, em ambos os grupos, o tempo para iniciar a tarefa após a perturbação foi maior que frente à perturbação ($p < 0,05$), e que no pré-perturbação ($p < 0,04$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,05) = 0,34$; $p > 0,31$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,29$; $p > 0,71$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 2d. O grupo AL foi mais rápido que BL [$F(1,35) = 5,49$; $p < 0,03$; poder = 0,62]. Foi identificado, também, que Tpar1 foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 14,67$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e o *post-hoc* detectou que este tempo reduziu do pré-perturbação para perturbação ($p < 0,001$), aumentou novamente após a perturbação ($p > 0,05$), mas sem retornar aos valores pré-perturbação ($p < 0,002$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,72$; $p > 0,49$].

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 2e. Os grupos ajustaram o componente Tpar2 conforme as demandas [$F(2,70) = 58,66$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. O *post-hoc* detectou redução na duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), aumentando novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,03$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 2,82$; $p > 0,10$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,08$; $p > 0,92$].

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 2f. A ANOVA com correção G-G, identificou que os grupos ajustaram o componente Tpar3 conforme as demandas [$F(2,70) = 79,42$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. Os grupos reduziram a duração de Tpar3 frente à perturbação ($p < 0,001$), e aumentaram novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem retornar aos valores pré-perturbação ($p < 0,03$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 3,43$; $p > 0,07$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,75$; $p > 0,70$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 2g. A ANOVA, com correção G-G, identificou que o componente foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 54,43$; $p < 0,001$; poder = 1,00], e o *post-hoc* detectou redução na duração do componente frente a perturbação ($p < 0,001$), aumentando novamente após a perturbação ($p < 0,001$), mas sem retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,05$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 1,57$; $p > 0,22$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,14$; $p > 0,83$].

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 2h. A ANOVA identificou que o grupo AL apresentou duração mais longa do componente [$F(1,35) = 5,71$; $p < 0,03$; poder = 0,64], mas ambos os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 26,5$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* detectou que os grupos executaram Tpar5 frente à perturbação mais rapidamente do que pré-perturbação ($p < 0,001$), e mais lentamente após a perturbação ($p < 0,001$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,09$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,12$; $p > 0,88$].

6.3. Síntese dos resultados

A retenção indica que AL e BL iniciam a fase de exposição com desempenho semelhante. Entretanto, nas primeiras perturbações BL apresenta diminuição na precisão do desempenho, visto que o EA aumenta e a consistência do desempenho é mantida. Apesar de a análise não indicar diferença entre grupos, esses primeiros resultados sustentam parcialmente

a hipótese de que ambos os grupos se adaptariam às perturbações. Apenas os indivíduos que praticaram de forma aleatória mostraram capacidade de lidar com as perturbações e manter o desempenho imediatamente após a perturbação desde o início da fase de exposição, enquanto os indivíduos que praticaram em blocos apresentaram prejuízo inicial e necessitaram de algumas tentativas para então adequarem seus movimentos.

Quanto à segunda hipótese, de organização semelhante da ação nos dois grupos, não há suporte dos resultados a ela. O grupo AL executa o primeiro componente motor, Tpar1, mais rápido que BI nos três momentos analisados, e o último componente, Tpar5, mais lentamente. Isso mostra que, mesmo nos momentos em que os grupos adaptam semelhantemente às perturbações e mantêm o desempenho pós-perturbação, a forma como a ação é organizada para se atingir a meta é diferente. Nos componentes intermediários o tempo dos dois grupos foi semelhante, mas em Tpar5 o AL foi mais lento, o que significa mais tempo para ajustes. Estes resultados indicam estruturas de controle distintas, resultantes da variável manipulada.

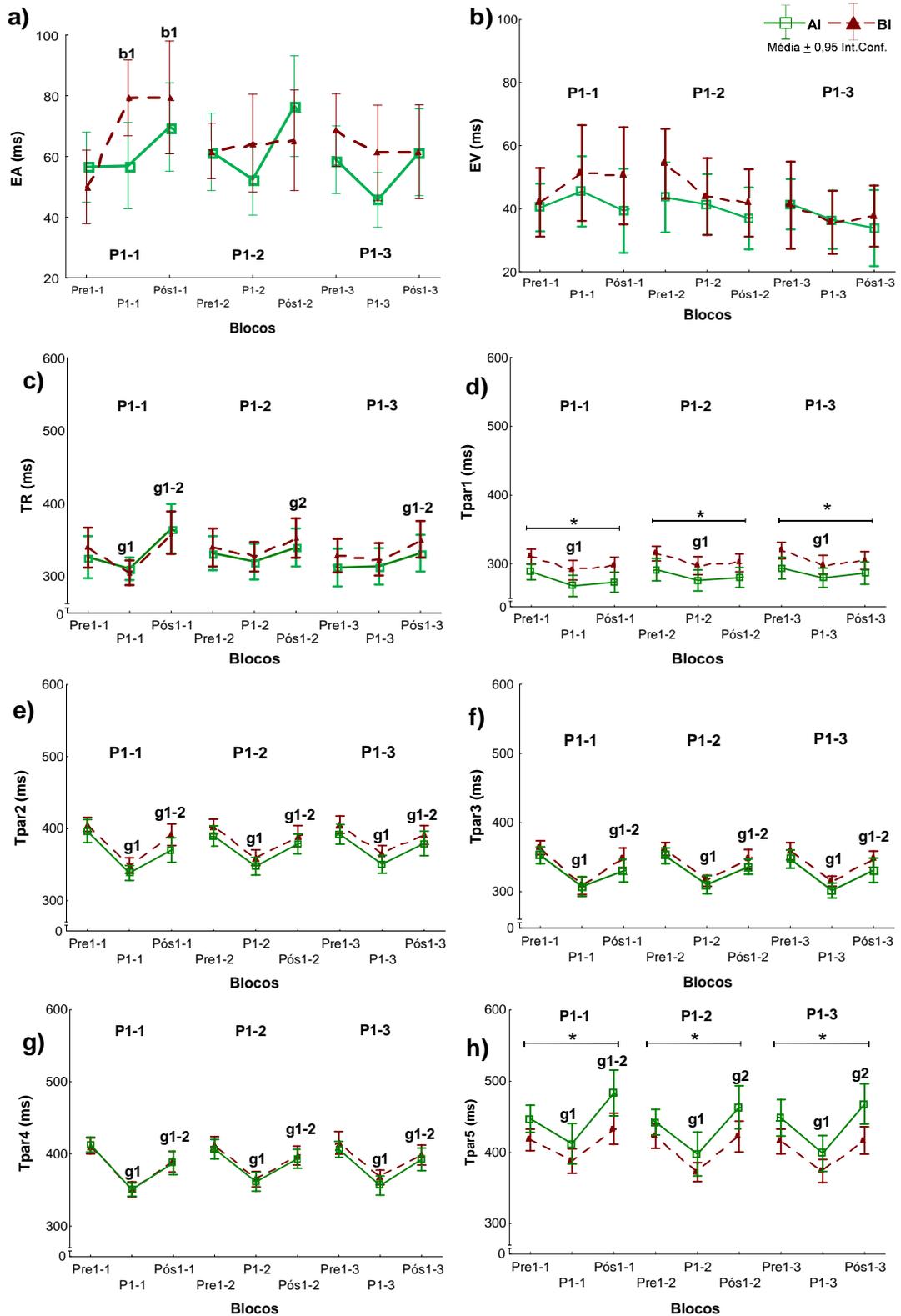


GRÁFICO 2 – Desempenho e duração dos componentes da ação nas tentativas pré-perturbação (Pre), perturbação (P) e pós-perturbação (Pós) das perturbações rápidas (P1). Os gráficos ilustram os momentos iniciais (P1-1), intermediários (P1-2) e finais (P1-3) das perturbações rápidas (P1) fase de exposição do primeiro experimento. Os símbolos indicam: * diferença entre grupos; *_* diferença entre grupos sem interação; a1 e a2 diferença para as tt pré-perturbação e perturbação, respectivamente, no grupo AL; b1 e b2 diferença para as tt pré-perturbação e perturbação, respectivamente, no grupo BL; e g1 e g2 diferença para as tt pré-perturbação e perturbação, respectivamente, sem distinção de grupos. Significância: $p < 0,05$.

6.4. Exposição a perturbações: Perturbação 2 (2500ms)

Momento inicial: P2-1

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 3a e 3b respectivamente. A ANOVA para a precisão de desempenho (EA) não identificou diferenças entre os grupos, $[F(1,35) = 0,32; p > 0,57]$; blocos, $[F(2,70) = 1,56; p > 0,21]$; ou interação significativa, $[F(2,70) = 0,50; p > 0,60]$. Na análise da consistência (EV), a ANOVA também não identificou diferenças entre grupos $[F(1,35) = 0,14; p > 0,70]$, blocos $[F(2,70) = 2,04; p > 0,13]$, ou interação significativa $[F(2,70) = 0,10; p > 0,89]$.

Componentes da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 3c. A ANOVA identificou que o tempo para início da tarefa foi influenciado pela perturbação $[F(2,70) = 10,46; p < 0,001; \text{poder} = 0,98]$. O *post-hoc* mostrou que os grupos iniciaram mais tardiamente a tarefa frente à perturbação, acompanhado a nova demanda ($p < 0,03$). Quando a perturbação foi retirada, o tempo para início da tarefa manteve-se semelhante ao da perturbação ($p > 0,16$), e continuou aumentado em relação ao pré-perturbação ($p < 0,001$). A ANOVA não indicou diferenças entre os grupos $[F(1,35) = 0,39; p > 0,53]$, nem interação significativa $[F(2,70) = 1,09; p > 0,34]$.

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 3d. O grupo AL foi mais rápido que BL em Tpar1 $[F(1,35) = 7,29; p < 0,01; \text{poder} = 0,74]$. Foi identificado, também, que os grupos ajustaram o componente conforme a demanda $[F(2,70) = 37,63; p < 0,001; \text{poder} = 1,00]$, aumentando a duração do pré-perturbação para perturbação ($p < 0,001$), reduzindo novamente após a perturbação ($p < 0,001$), retomando aos valores pré-perturbação ($p < 0,12$). Não houve interação significativa $[F(2,70) = 0,08; p > 0,91]$.

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 3e. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 102,17$; $p < 0,001$; poder = 1,00], aumentando a duração do componente frente a perturbação ($p < 0,001$), reduzindo após a perturbação ($p < 0,001$), e retomando os níveis pré-perturbação ($p > 0,22$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,85$; $p > 0,36$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,60$; $p > 0,54$].

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 3f. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 72,19$; $p < 0,001$; poder = 1,00], aumentando a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), reduzindo após a perturbação ($p < 0,001$), e retomando os níveis pré-perturbação ($p < 0,71$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,56$; $p > 0,45$], nem interação significativa [$F(2,70) = 1,55$; $p > 0,21$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 3g. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir de uma interação entre grupos e blocos [$F(2,70) = 3,40$; $p < 0,05$; poder = 0,62]. Ambos os grupos ajustaram o componente de acordo com a demanda, aumentando a duração frente à perturbação ($p < 0,001$), e reduzindo novamente após a perturbação ($p < 0,001$) para retornar aos valores pré-perturbação ($p > 0,76$). Entretanto, o grupo AL apresentou uma duração mais longa do componente frente à perturbação ($p < 0,02$).

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 3h. A ANOVA identificou que o grupo AL apresentou duração mais longa do componente [$F(1,35) = 7,38$; $p < 0,01$; poder = 0,75], mas ambos os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 53,86$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. O *post-hoc* detectou que os grupos executaram Tpar5 frente à perturbação mais lentamente do que pré-perturbação ($p < 0,001$), e mais rápido

após a perturbação ($p < 0,001$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,56$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,73$; $p > 0,48$].

Momento intermediário: P2-2

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 3a e 3b respectivamente. A ANOVA para a precisão de desempenho (EA) não identificou diferenças entre os grupos, [$F(1,35) = 3,59$; $p > 0,06$]; blocos, [$F(2,70) = 1,19$; $p > 0,30$]; ou interação significativa, [$F(2,70) = 0,84$; $p > 0,43$]. Na análise da consistência (EV), a ANOVA também não identificou diferenças entre grupos [$F(1,35) = 0,84$; $p > 0,36$], blocos [$F(2,70) = 0,40$; $p > 0,66$], ou interação significativa [$F(2,70) = 0,61$; $p > 0,54$].

Organização da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 3c. A ANOVA identificou que o tempo para início da tarefa foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 10,46$; $p < 0,001$; poder = 0,98], e o *post-hoc* detectou que os grupos iniciaram mais tardiamente a tarefa frente à perturbação, acompanhado a nova demanda ($p < 0,01$). Quando a perturbação foi retirada o tempo para início da tarefa manteve-se semelhante ao frente à perturbação ($p > 0,07$), e continuou aumentado em relação a pré- ($p < 0,001$). A ANOVA não indicou diferenças entre os grupos [$F(1,35) = 0,63$; $p > 0,43$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,38$; $p > 0,68$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 3d. O grupo AL foi mais rápido que BL em Tpar1 [$F(1,35) = 8,23$; $p < 0,01$; poder = 0,79]. Foi identificado, também, que os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 23,20$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e o *post-hoc* detectou que a duração aumentou do pré-perturbação para perturbação ($p < 0,001$), reduzindo novamente após a perturbação ($p < 0,01$), retomando

aos valores pré-perturbação ($p > 0,19$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,48$; $p > 0,61$].

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 3e. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 43,25$; $p < 0,001$; poder = 1,00], aumentando a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e reduzindo novamente após a perturbação ($p < 0,001$), retornando aos valores pré-perturbação ($p > 0,98$). Foi identificado, também, que o grupo AL executou o componente mais rapidamente que BL [$F(1,35) = 5,50$; $p < 0,03$; poder = 0,62]. A interação grupo blocos não foi significativa [$F(2,70) = 0,03$; $p > 0,97$].

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 3f. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 51,45$; $p < 0,001$; poder = 1,00], aumentando a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), reduzindo após a perturbação ($p < 0,001$), e retomando os níveis pré-perturbação ($p > 0,64$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 2,63$; $p > 0,11$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,20$; $p > 0,81$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 3g. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir de uma interação entre grupos e blocos [$F(2,70) = 4,16$; $p < 0,02$; poder = 0,71]. Ambos os grupos ajustaram o componente de acordo com a demanda, aumentando a duração frente à perturbação ($p < 0,001$), e reduzindo novamente após a perturbação ($p < 0,001$) para retornar aos valores pré-perturbação ($p > 0,51$). Entretanto, o grupo AL apresentou uma duração mais longa do componente frente à perturbação ($p < 0,04$).

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 3h. A ANOVA identificou que o grupo AL apresentou duração mais longa do componente [$F(1,35) = 4,58$; $p < 0,04$; poder = 0,54], mas ambos os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 34,30$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* detectou que os grupos executaram Tpar5 frente à perturbação mais lentamente do que pré-perturbação ($p < 0,001$), e mais rápido após a perturbação ($p < 0,001$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,16$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,10$; $p > 0,89$].

Momento final: P2-3

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 3a e 3b respectivamente. A ANOVA indicou diferença de precisão (EA) entre os blocos [$F(2,70) = 3,34$; $p < 0,04$], e o *post-hoc* indicou que os grupos apresentaram redução de precisão frente à perturbação ($p < 0,03$), mas melhoraram o desempenho após a perturbação ($p < 0,03$), retomando os níveis pré-perturbação ($p > 0,99$). Não houve diferenças entre os grupos [$F(1,35) = 0,19$; $p > 0,65$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,63$; $p > 0,53$]. Quanto a consistência (EV), não houve diferença entre blocos [$F(2,70) = 2,58$; $p > 0,08$], grupos [$F(1,35) = 0,33$; $p > 0,56$], ou interação significativa [$F(2,70) = 2,28$; $p > 0,10$].

Organização da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 3c. A ANOVA identificou que o tempo para início da tarefa foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 8,52$; $p < 0,002$; poder = 0,96]. Os grupos mantiveram o tempo para início da tarefa frente à perturbação ($p > 0,34$), mas aumentaram o tempo após a perturbação em relação à perturbação ($p < 0,05$), e ao pré-perturbação ($p < 0,04$). A ANOVA não indicou diferenças entre os grupos [$F(1,35) = 0,63$; $p > 0,42$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,33$; $p > 0,71$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 3d. O grupo AL foi mais rápido que BL [$F(1,35) = 5,46$; $p < 0,03$; poder = 0,62]. Foi identificada, também, influência da perturbação [$F(2,70) = 21,64$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e o *post-hoc* detectou que a duração aumentou do pré-perturbação para perturbação ($p < 0,001$), reduzindo novamente após a perturbação ($p < 0,01$), mas sem retomar aos valores pré-perturbação ($p < 0,01$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 2,41$; $p > 0,09$].

Devido à diferença entre blocos, à interação estar próxima de significância, e à inspeção do comportamento dos grupos no gráfico, foi conduzida uma ANOVA *one-way* entre os blocos de cada grupo separadamente para maior detalhamento do comportamento (HEYES; FOSTER, 2002). As ANOVAs *one-way* identificaram que ambos os grupos apresentaram alterações significativas na duração de Tpar1 ao longo dos blocos, AL [$F(2,36) = 9,01$; $p < 0,001$; poder = 0,96], e BL [$F(2,34) = 14,24$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* identificou que o grupo AL aumentou a duração de Tpar1 frente à perturbação ($p < 0,001$), mas não reduz de forma significativa após à perturbação ($p > 0,22$), mantendo-se acima do pré-perturbação ($p < 0,01$). O grupo BL, por outro lado, acompanha as demandas aumentando a duração frente à perturbação ($p < 0,001$), e reduzindo novamente no pós-perturbação ($p < 0,001$) até o mesmo nível do pré-perturbação ($p > 0,29$).

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 3e. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 30,82$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. Houve aumento na duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), redução após a perturbação ($p < 0,001$), e retomada dos níveis pré-perturbação ($p < 0,08$). A duração do componente foi semelhante entre os grupos [$F(1,35) = 1,71$; $p > 0,19$], e não houve interação significativa [$F(2,70) = 1,13$; $p > 0,33$].

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 3f. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 46,02$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. Houve aumento na duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), reduzindo após a

perturbação ($p < 0,001$), e retomando os níveis pré-perturbação ($p < 0,49$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 1,48$; $p > 0,23$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,07$; $p > 0,92$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 3g. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 52,71$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. Houve aumento na duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), reduzindo após a perturbação ($p < 0,001$), e retomando os níveis pré-perturbação ($p < 0,36$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,01$; $p > 0,91$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,81$; $p > 0,44$].

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 3h. A ANOVA identificou que o grupo AL apresentou duração mais longa do componente [$F(1,35) = 9,06$; $p < 0,01$; poder = 0,83], mas ambos os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 53,10$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. Os grupos executaram Tpar5 frente à perturbação mais lentamente do que pré-perturbação ($p < 0,001$), e mais rápido após a perturbação ($p < 0,001$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,57$). Não houve interação significativa [$F(2,70) = 0,84$; $p > 0,43$].

6.5. Síntese dos resultados

De forma geral, os grupos apresentam bom desempenho antes, durante e após a perturbação. Entretanto, assim como os resultados da primeira perturbação, estes também não suportam a hipótese de organização semelhante da ação nos dois grupos. O bom resultado é alcançado por “meios” distintos.

O grupo AL tende a executar os elementos iniciais de forma mais rápida que BL, comportamento que fica mais evidente no componente Tpar1. Por outro lado, a duração dos componentes finais é mais lenta em AL. Em Tpar4 a diferença começa a aparecer, sendo mostrada frente às perturbações nos momentos iniciais e intermediários. Entretanto, a diferença fica mais clara em Tpar5, que acontece em todos os blocos analisados.

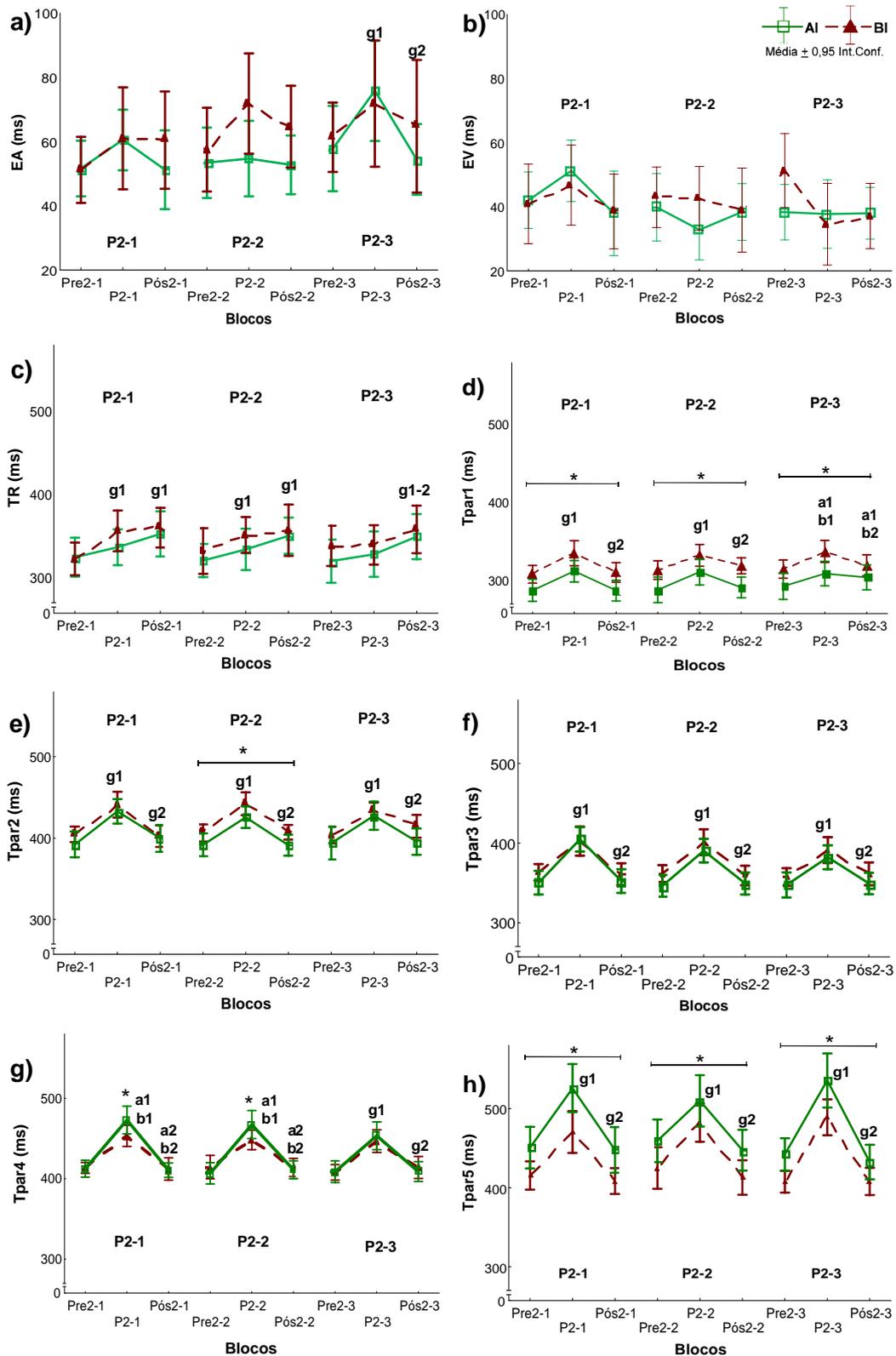


GRÁFICO 3 – Desempenho e duração dos componentes da ação nas tentativas pré-perturbação (Pre), perturbação (P) e pós-perturbação (Pós) das perturbações lentas (P2). Os gráficos ilustram os momentos iniciais (P2-1), intermediários (P2-2) e finais (P2-3) das perturbações lentas (P2) fase de exposição do primeiro experimento. Os símbolos indicam: * diferença entre grupos; * diferença entre grupos sem interação; a1 e a2 diferença para as tt pré-perturbação e perturbação, respectivamente, no grupo AL; b1 e b2 diferença para as tt pré-perturbação e perturbação, respectivamente, no grupo BL; e g1 e g2 diferença para as tt pré-perturbação e perturbação, respectivamente, sem distinção de grupos. Significância: $p < 0,05$.

7. DISCUSSÃO – Experimento 1

Partindo dos pressupostos de que a variação das práticas anteriores é importante para permitir aos participantes lidarem com perturbações (GHAHRAMANI; WOLPERT, 1997; KRAKAUER *et al.*, 2000; WERNER; BOCK, 2007), e que, aparentemente, a forma como essas variações são organizadas pode influenciar a capacidade adaptativa (BABO *et al.* 2008; HALL *et al.*, 1994), o presente experimento teve como objetivo investigar os efeitos das práticas variadas em blocos (BL) e aleatória (AL) sobre o comportamento motor em contextos com perturbações previsíveis. Duas hipóteses foram testadas: a primeira sugeria que, devido à menor demanda sensório-motora das perturbações previsíveis (RICHTER *et al.*, 2004), ambos os tipos de prática variada (BL e AL) confeririam boa capacidade adaptativa aos participantes. Portanto, ambos apresentariam bom desempenho frente às perturbações. A segunda hipótese, que dá continuidade à primeira, propunha que a organização da ação seria semelhante entre eles, uma vez que os dois grupos se adaptariam e que o contexto de perturbações era o mesmo. A discussão dos resultados será apresentada seguindo a ordem das hipóteses.

A retenção, no início da fase de exposição, indica que AL e BL iniciaram essa fase com desempenho semelhante, e os resultados de desempenho antes, durante e após a perturbação, de forma geral, mostram que os grupos obtiveram bom desempenho, embora o grupo BL tenha tido um prejuízo no desempenho no primeiro bloco de perturbações rápidas e no pós-perturbações. Apesar dessa perda imediata de desempenho, ele não chegou a diferenciar do grupo AL. Assim, esses resultados apontam em favor da primeira hipótese levantada de que ambos os tipos de prática apresentariam bons resultados frente às perturbações previsíveis.

Apesar das diferenças teóricas já mencionadas entre os estudos de aprendizagem e adaptação, os resultados estão em conformidade com os de Babo *et al.* (2008), e Hall *et al.* (1994), que apresentam aspectos de mudanças previsíveis (SCHEIDT *et al.*, 2001). De acordo com os resultados de Babo *et al.* (2008), era esperado que os grupos apresentassem bons e semelhantes resultados. Hall *et al.* (1994), por outro lado, identificaram bons desempenhos em ambos os grupos, com resultados nos testes semelhantes aos da fase de prática, sendo que o grupo de prática aleatória mostrou resultados ainda melhores que os do grupo de prática em blocos. Em termos adaptativos, os resultados do presente estudo indicam que ambas as formas de prática possibilitam bons desempenhos em contextos com perturbações previsíveis, mas a

prática aleatória mostrou melhor capacidade adaptativa, pois conseguiu bom desempenho desde as primeiras perturbações.

Outra 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 influenciados pela forma de prática realizada (FONSECA *et al.*, 2012). Os resultados mostraram que ambas as formas de prática também preveniram a influência negativa da perturbação no pós-perturbação (FONSECA *et al.*, 2012; THOROUGHMAN; SHADMER, 2000), apesar de o desempenho do grupo BL ter piorado após as perturbações iniciais em P1. Com o decorrer da fase, o grande número de tentativas permitiu que este grupo não sofresse mais os efeitos nas tentativas posteriores à perturbação.

Considerados de forma geral, os resultados deste experimento apontam que ambas as práticas possibilitam boa adaptação a perturbações previsíveis. O resultado foi similar ao observado em Corrêa *et al.* (2010b), mesmo com as perturbações previsíveis sendo apresentadas de forma diferente do presente estudo. Além disso, o desempenho se mantém após a perturbação, apesar de a prática em blocos não permitir adaptação imediata sob demandas de aumento de velocidade da ação. Provavelmente, essa ligeira diferença encontrada entre os grupos pode estar relacionada às estratégias de controle e, conseqüentemente, à forma de organização da ação (IZAWA *et al.*, 2008), que ficou mais evidente com a demanda temporal da perturbação. Assim, para interpretar esses resultados com maior detalhe, é importante passar à análise dos componentes da ação, verificando as suas características; procedimentos estes que avançam em relação aos estudos encontrados na literatura. A hipótese formulada foi de que os grupos, por não diferirem na adaptação, também apresentariam formas semelhantes de organização da ação. Entretanto, os resultados obtidos não confirmaram essa hipótese.

Frente a ambas as perturbações (P1 e P2), foram observadas características no grupo AL que sugerem um comportamento compensatório, em que a ação é organizada de forma a facilitar a extração de informações durante a execução, e conseqüentemente, realizar ajustes (IZAWA *et al.*, 2008; RIEGER *et al.*, 2005). Uma característica desse comportamento é executar as porções iniciais da ação de forma mais rápida, como foi o componente Tpar1 de AL, para que haja mais tempo nos momentos finais, como aconteceu no componente Tpar4 frente a P2, e em Tpar5 em ambas as perturbações, quando os ajustes mais precisos foram feitos. Esse comportamento foi observado mesmo frente a uma perturbação mais rápida, que reduzia o tempo disponível de ação, desde os primeiros momentos em que elas foram apresentadas.

O grupo BL, por outro lado, mostra uma organização da ação com a distribuição mais regular da duração dos seus componentes, sem adiantamentos iniciais e atrasos finais, que é característica de controle por pré-programação (IZAWA *et al.*, 2008). Não se sugere que o controle tenha sido realizado exclusivamente por pré-programação, uma vez que a duração da tarefa possibilita controle via *feedback* (CARLTON, 1981), e os resultados mostraram ajustes na execução. Mas sugere-se que houve uma participação significativa de pré-programação, e uma das implicações desse controle antecipatório é a dificuldade em lidar com modificações durante a execução, o que pode ser o elemento responsável pelo grupo BL não ter se adaptado imediatamente às primeiras P1. O tempo mais longo nos componentes iniciais pode ter reduzido o tempo disponível para realizar as correções finais frente à nova demanda mais rápida, mesmo essa sendo previsível e o tempo total da tarefa permitindo esses ajustes.

É interessante observar que mesmo quando BL se adapta a P1, nos momentos intermediários (P1-2) e finais (P1-3), a estratégia de controle é a mesma, e o padrão de ambos os grupos se mantém frente a P2. Como a organização da ação pode ser um indicador de uma estrutura de controle (MANOEL *et al.*, 2002), essa manutenção de padrão em ambos os grupos sugere a formação de estruturas de controle diferenciadas nos dois tipos de prática. Contudo, as diferenças nos tempos parciais resultantes das variações do grupo AL durante a prática comprometem uma análise detalhada dos componentes motores durante a fase de aquisição. Mas a análise do desempenho pode mostrar diferenças de comportamento entre os grupos que auxiliam na compreensão dos resultados obtidos.

A observação dos dados da aquisição mostra que, apesar de os grupos terem terminado a fase com desempenho semelhante, a forma pela qual eles obtiveram esse desempenho foi distinta. Em BL podemos observar uma redução mais abrupta dos erros do início para o fim de cada um dos blocos de 50tt, e uma elevação acentuada dos erros na mudança de demanda da tarefa. Esse comportamento remete aos resultados de Gray (2002) com rebatidas do baseball. Após uma sequência de 3 rebatidas em mesma velocidade, se a quarta bola fosse arremessada na mesma velocidade das anteriores, a chance de acerto aumentava. Por outro lado, se o arremesso fosse em velocidade diferente, o erro na rebatida aumentava, uma vez que a ação é organizada na expectativa das tentativas anteriores (GRAY, 2002). O comportamento do grupo BL mostrou essa redução acentuada à medida que a tarefa era realizada em condições repetidas, e um erro acentuado quando essa expectativa era contrariada na troca de blocos.

No grupo AL, por outro lado, como não há expectativas de repetição, pois uma mesma restrição temporal não era apresentada mais de duas vezes seguidas, as melhoras de desempenho ocorreram de forma mais gradual e relativamente constante ao longo da fase de aquisição. Como o desempenho melhora, embora não haja possibilidade de antecipação das características da tentativa, é possível inferir que a prática aleatória possibilita aos participantes aprenderem a extrair e utilizar as informações correntes, que será determinante para o bom desempenho em tarefas de interceptação (TEIXEIRA *et al.*, 2006) e pode refletir, inclusive, em uma forma de organização distinta da ação (IZAWA *et al.*, 2008).

De forma geral, os achados desse primeiro experimento indicam que ambas as formas de prática variada possibilitam a adaptação a perturbações previsíveis, mas que esse resultado é obtido por diferentes organizações da ação. Juntamente com outros estudos (IZAWA *et al.*, 2008; KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011; WRIGHT *et al.*, 2005), os resultados sugerem que diferentes formas de prática variada levam à adoção de formas de controle também diferenciadas. Ambos os grupos demonstraram controle por pré-programação, que ficou ainda mais evidente pelo aumento do TR nos pós-perturbação em ambas as perturbações, e os ajustes imediatos de Tpar1 conforme as demandas da tarefa. Entretanto, o grupo AL apresentou comportamento que sugere também o uso de controle *online*, pelo menos mais acentuado que o BL, que pode ser observado na execução mais rápida da tarefa no início (Tpar1), para possibilitar mais tempo no final, conforme mostrado em (Tpar4 e Tpar5), e assim realizar os ajustes na execução.

8. MÉTODO – Experimento 2 (perturbações imprevisíveis)

As diferenças entre os experimentos 1 e 2 recaem sobre alguns aspectos de delineamento da fase de exposição a perturbações (FIG. 3), 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. Portanto, por questões de objetividade, apenas a fase de exposição será apresentada.

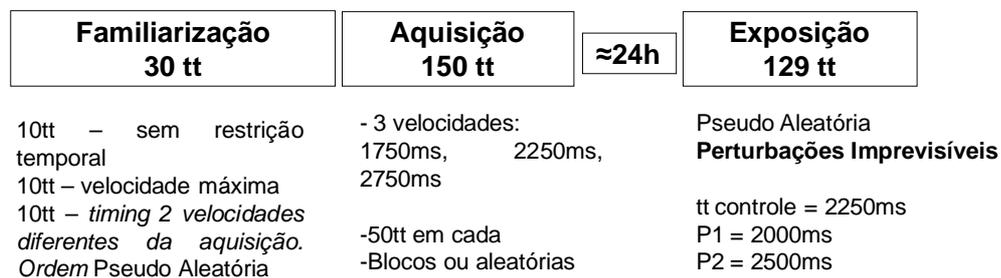


Figura 3 – Síntese do delineamento do segundo experimento. tt = tentativas

8.1. Delineamento

Após passarem pelas fases de familiarização os participantes (n=37), diferentes do experimento 1, foram designados para um dos dois grupos experimentais de acordo com o tipo de organização da prática na fase de aquisição: em Blocos (BL, n=18) ou Aleatória (AL, n=19).

Após a fase de aquisição houve um intervalo de 24h, e os participantes retornaram ao laboratório para realizarem a fase de exposição a perturbações. Nesta fase, os dois grupos experimentais executaram 129 tentativas, sendo 111 controle com a restrição temporal de 2250ms (T2), e as outras 18 as perturbações P1 (2000ms) e P2 (2500ms) no mesmo formato do primeiro experimento (QUADRO 1).

Neste experimento, diferentemente do primeiro, as perturbações tiveram caráter imprevisível, ou seja, não eram antecipáveis (FONSECA *et al.*, 2012; LOSCHIAVO-ALVARES, 2010). Assim, não houve a apresentação dos cartões indicadores da perturbação, e os participantes foram informados apenas de que poderiam ocorrer modificações eventuais no feixe luminoso, e, caso elas ocorressem, a meta de *timing* deveria continuar sendo cumprida.

9.RESULTADOS

Assim como no primeiro experimento, a ordem de apresentação dos resultados será primeiro do desempenho na fase de aquisição e nas primeiras tentativas da exposição, tratadas como retenção. Posteriormente, serão apresentados os resultados de desempenho e dos componentes da ação durante a fase de exposição nas tentativas pré-perturbação, perturbação e pós-perturbação, sendo apresentados todos os resultados referentes às perturbações rápidas (P1), e em seguida os referentes às perturbações lentas (P2).

Os resultados nas duas perturbações serão apresentados em ordem de inicial para final, sendo apresentado o desempenho e os componentes da ação correspondente àquele desempenho. Por exemplo, nas análises de P1 serão apresentados todos os resultados referentes ao momento inicial (P1-1), desempenho e componentes da ação, para depois passar ao momento intermediário (P1-2) com seu desempenho e componentes correspondentes, e, posteriormente, ao momento final (P1-3).

9.1. Aquisição e retenção

O GRAF. 4 ilustra os resultados de desempenho, EA e EV. A ANOVA, com correção G-G, mostrou interação significativa entre grupos e blocos na análise do desempenho (EA) [$F(6,210) = 9,57$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e o *post-hoc* detectou melhora na precisão ao longo da fase de aquisição ($p < 0,001$), que se manteve na retenção em ambos os grupos, AL ($p > 0,98$) e BL ($p > 0,86$). Entre os grupos, foi identificado que BL apresentou melhor precisão no 17º bloco ($p < 0,002$), e AL apresentou melhor precisão nos blocos 18 ($p < 0,001$) e 35 ($p < 0,001$). Apesar das diferenças, os grupos terminaram a aquisição com precisão semelhante ($p > 0,80$) que se manteve na retenção ($p > 0,95$).

Quanto à consistência (EV), a ANOVA, com correção G-G, mostrou interação significativa entre grupos e blocos [$F(6,210) = 6,4$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e *post-hoc* detectou melhora na consistência do desempenho ao longo da aquisição ($p < 0,001$), que se manteve na retenção em ambos os grupos, AL ($p > 0,62$) e BL ($p > 0,73$). Entre os grupos, foi identificado que BL apresentou maior consistência no 1º ($p < 0,01$) e 17º ($p < 0,001$) blocos. Apesar das diferenças, os grupos terminaram a aquisição com consistência semelhante ($p > 0,80$) que se manteve na retenção ($p > 0,95$).

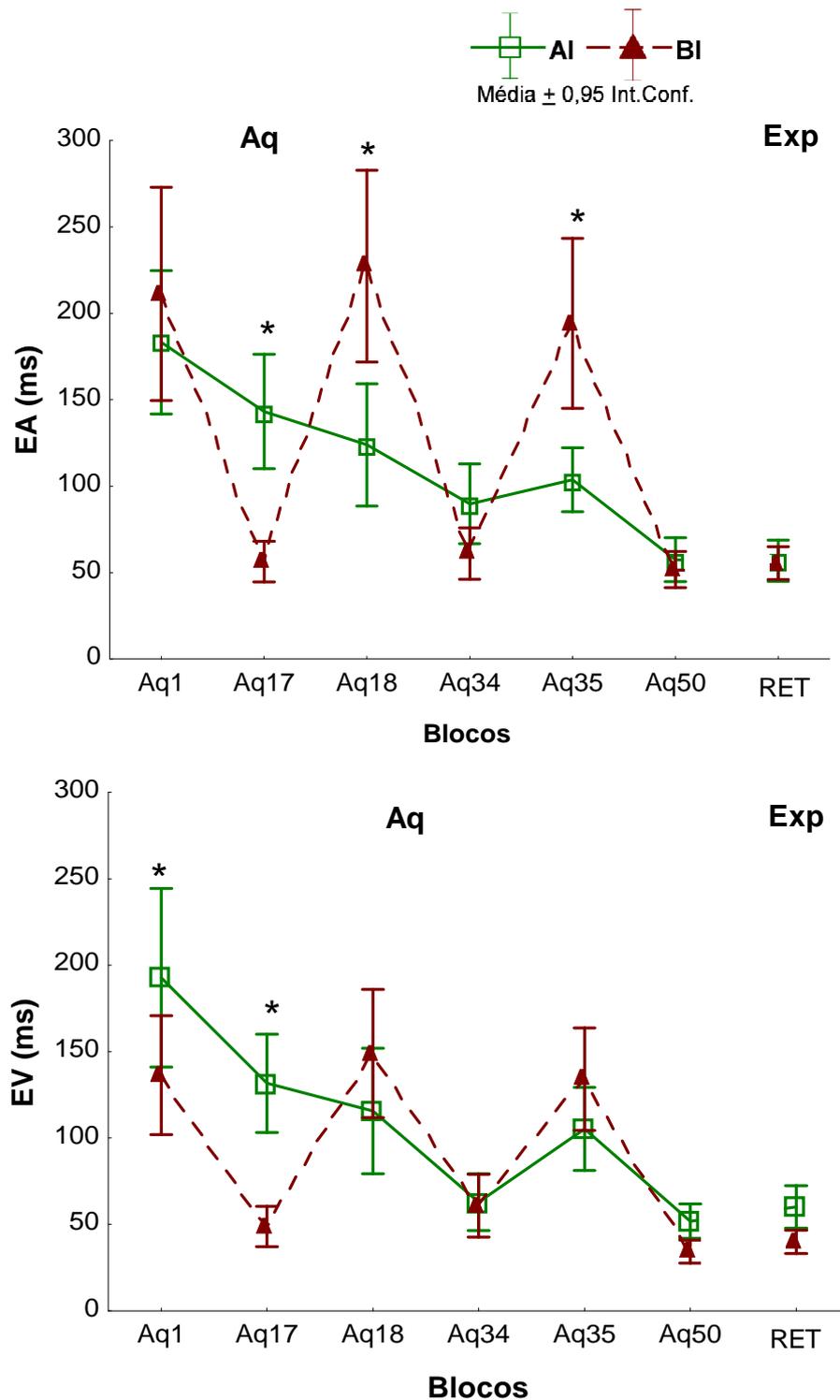


GRÁFICO 4 – O gráfico superior mostra melhoria da precisão (EA) ao longo da fase de aquisição em ambos os grupos ($p < 0,001$), e manutenção dessa precisão na retenção ($p > 0,86$). O gráfico inferior apresenta o aumento da consistência (EV) ao longo da fase de aquisição em ambos os grupos ($p < 0,001$), e manutenção dessa consistência na retenção ($p > 0,62$). Em ambos os gráficos os * indicam diferença entre grupos no bloco especificado ($p < 0,01$).

9.2. Exposição a perturbações: Perturbação 1 (2000ms)

Momento inicial: P1-1

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 5a e 5b respectivamente. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir de uma interação significativa entre grupos e blocos na precisão (EA) [$F(2,70) = 3,40$; $p < 0,05$; poder = 0,62]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL não manteve a precisão pré-perturbação frente à perturbação ($p < 0,001$) e continuou com a precisão prejudicada imediatamente após a perturbação ($p > 0,17$), sem tender a retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,001$). O grupo AL também piorou a precisão do desempenho com a perturbação ($p < 0,001$), mas melhorou a precisão imediatamente após ($p < 0,001$), retornando aos níveis pré-perturbação ($p > 0,11$), sendo, inclusive, mais preciso que BL ($p < 0,001$).

Na consistência do desempenho (EV), também foi identificado comportamento diferenciado entre os grupos a partir de uma interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 4,0$; $p < 0,03$; poder = 0,69]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL aumentou a variabilidade frente a perturbação ($p < 0,001$), e manteve o comportamento mais variável imediatamente após a perturbação ($p > 0,24$), sem tender a retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,001$). O grupo AL também apresentou redução da consistência ($p < 0,03$) que continuou reduzida pós-perturbação ($p > 0,20$), mas com desempenho similar ao apresentado na pré-perturbação ($p > 0,32$).

Componentes da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 5c. A ANOVA identificou que o grupo AL iniciou a tarefa mais tardiamente que BL [$F(1,35) = 5,00$; $p < 0,04$; poder = 0,56]. Não houve diferença entre blocos [$F(2,70) = 1,00$; $p > 0,32$], ou interação significativa [$F(2,70) = 1,00$; $p > 0,49$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 5d. A ANOVA identificou que o componente foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 17,13$; $p < 0,001$; poder = 0,99], e o *post-hoc* apontou que a duração de Tpar1 não alterou de pré- para perturbação ($p > 0,42$), mas reduziu da perturbação para o pós- ($p < 0,001$), sendo, também, mais rápido que no pré-perturbação ($p < 0,001$). Não houve diferença entre grupos [$F(1,35) = 2,46$; $p > 0,21$], nem interação significativa [$F(2,70) = 3,72$; $p > 0,06$].

Devido à diferença entre blocos, à interação estar próxima de significância ($p > 0,06$), e à inspeção do comportamento dos grupos no gráfico, foi conduzida uma ANOVA *one-way* entre os blocos de cada grupo separadamente para maior detalhamento do comportamento (HEYES; FOSTER, 2002). As ANOVAs identificaram que ambos os grupos alteraram a duração de Tpar1 ao longo dos blocos analisados; AL [$F(2,34) = 3,55$; $p < 0,04$; poder = 0,62], e BL [$F(2,36) = 12,27$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. Apesar de ambos apresentarem diferenças, os *post-hoc* indicaram um comportamento diferenciado dos grupos. O grupo AL apresentou redução gradual de Tpar1 não havendo diferença entre pré-, e perturbação ($p > 0,20$), nem entre perturbação e pós-perturbação ($p > 0,18$), mas o pré- foi menor que o pós-perturbação ($p < 0,02$). O grupo BL, por outro lado, não alterou a duração frente à perturbação ($p > 0,96$), mas reduziu da perturbação para o pós-perturbação ($p < 0,001$), sendo o pós- menor também que o pré-perturbação ($p < 0,001$).

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 5e. A ANOVA indicou que a duração do componente foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 16,26$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* detectou que os grupos reduziram a duração de Tpar2 frente à perturbação ($p < 0,001$), e mantiveram essa mesma duração após a perturbação ($p > 0,10$), não retornando aos valores pré-perturbação ($p < 0,001$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,00$; $p > 0,99$], nem interação significativa [$F(2,70) = 2,16$; $p > 0,12$].

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 5f. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 3,73$; $p < 0,05$; poder = 0,66]. O grupo AL reduziu a duração do componente acompanhando a perturbação ($p < 0,01$), e no pós-perturbação houve uma tendência de aumentar novamente a duração do componente, aproximando-a dos valores pré-perturbação ($p > 0,09$), mas mantendo a semelhança à condição de perturbação ($p > 0,21$). O grupo BL não reduziu Tpar3 frente à perturbação ($p > 0,32$), mas reduziu a duração mesmo após a perturbação, havendo diferença entre perturbação e pós-perturbação ($p < 0,01$), e entre pré- e pós-perturbação ($p < 0,001$). Apesar da interação, os grupos não apresentaram diferença entre si ($p > 0,26$).

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 5g. A duração do componente foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 16,26$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. Os grupos reduziram a duração de Tpar4 frente à perturbação ($p < 0,001$), e mantiveram essa mesma duração após a perturbação ($p > 0,28$), não retornando aos valores pré-perturbação ($p < 0,01$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,00$; $p > 0,96$], nem interação significativa [$F(2,70) = 2,87$; $p > 0,06$].

Devido à diferença entre blocos, à inspeção do comportamento dos grupos no gráfico, e à interação estar próxima de significância, foi conduzida uma ANOVA *one-way* entre os blocos de cada grupo separadamente para maior detalhamento do comportamento (HEYES; FOSTER, 2002). As ANOVAs *one-way* identificaram que ambos os grupos alteraram a duração de Tpar4 ao longo dos blocos analisados; AL [$F(2,34) = 7,34$; $p < 0,01$; poder = 0,91], e BL [$F(2,36) = 5,33$; $p < 0,01$; poder = 0,80]. Apesar de ambos apresentarem diferenças, os *post-hoc* indicaram um comportamento diferenciado dos grupos. O grupo AL acompanha as demandas reduzindo a duração de Tpar4 frente à perturbação ($p < 0,001$), aumentando no pós-perturbação ($p < 0,04$), para retomar os níveis pré-perturbação ($p > 0,10$). O grupo BL, por outro lado, apresenta redução contínua do componente de pré-perturbação para a perturbação ($p < 0,04$), mantendo-se semelhante à perturbação no pós-perturbação ($p > 0,34$), mas acentuando a diferença entre o pós- e o pré-perturbação ($p < 0,01$).

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 5h. A ANOVA, com correção G-G, identificou que duração do componente foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 16,26$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. Os grupos reduziram a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e a aumentaram novamente após a perturbação ($p < 0,001$) além dos valores pré-perturbação ($p < 0,02$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 2,70$; $p > 0,10$], nem interação significativa [$F(2,70) = 2,60$; $p > 0,80$].

Momento intermediário: P1-2

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 5a e 5b respectivamente. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos na precisão (EA) [$F(2,70) = 5,30$; $p < 0,02$; poder = 0,82]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL não manteve a precisão pré-perturbação frente à perturbação ($p < 0,02$) e continuou com a precisão prejudicada mesmo após a retirada da perturbação ($p > 0,90$), sem tender a retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,02$). O grupo AL também diminuiu a precisão com a perturbação ($p < 0,001$), mas melhorou a precisão imediatamente após ($p < 0,001$), retornando aos níveis pré-perturbação ($p > 0,60$), sendo, inclusive, mais preciso que BL ($p < 0,01$).

Na consistência do desempenho (EV), também foi identificado comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 4,0$; $p < 0,03$; poder = 0,69]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL não apresentou alterações entre os pré-, perturbação e pós-perturbação ($p > 0,25$). O grupo AL, por outro lado, manteve a consistência frente a perturbação ($p > 0,10$), e apresentou aumento adicional da consistência pós-perturbação ($p < 0,01$), ficando mais consistente que BL ($p < 0,01$).

Organização da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 5c. A ANOVA identificou que o grupo AL iniciou a tarefa mais tardiamente que o BL [$F(1,35) = 6,00$; $p < 0,02$; poder = 0,66]. Não houve diferença entre blocos [$F(2,70) = 1,00$; $p > 0,47$], ou interação significativa [$F(2,70) = 2,00$; $p > 0,18$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 5d. A ANOVA identificou comportamento diferenciado dos grupos a partir da interação significativa grupos-blocos significativa [$F(2,70) = 4,00$; $p < 0,03$; poder = 0,68], e o *post-hoc* apontou que o grupo BL não reduziu significativamente a duração de Tpar1 frente à perturbação ($p > 0,10$), mas que a redução atingiu significância pós-perturbação, sendo diferente tanto da perturbação ($p < 0,01$), quanto do pré-perturbação ($p < 0,001$). No grupo AL, foi detectado que a duração na perturbação foi menor que pré-perturbação ($p < 0,03$), e apesar de não haver diferença entre perturbação e pós-perturbação ($p > 0,51$), houve um retorno aos valores pré-perturbação ($p > 0,09$), indicando adequação à demanda. Apesar da interação significativa, não foram apontada diferenças entre os grupos ($p > 0,14$).

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 5e. A ANOVA, corrigida com o fator G-G, identificou que duração do componente foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 22,85$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. O *post-hoc* detectou os grupos reduziram a duração de Tpar2 frente à perturbação ($p < 0,001$), e mantiveram essa mesma duração após a perturbação ($p > 0,27$), não retornando aos valores pré-perturbação ($p < 0,001$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,20$; $p > 0,74$], nem interação significativa [$F(2,70) = 2,64$; $p > 0,07$].

Devido à diferença entre blocos, à interação estar próxima de significância, e à inspeção do comportamento dos grupos no gráfico, foi conduzida uma ANOVA *one-way*

entre os blocos de cada grupo separadamente para maior detalhamento do comportamento (HEYES; FOSTER, 2002). As ANOVAs *one-way* identificaram alterações significativas em ambos os grupos; AL [$F(2,34) = 9,78$; $p < 0,001$; poder = 0,97] e BL [$F(2,36) = 15,79$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. AL reduziu a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e manteve a duração reduzida no pós-perturbação ($p > 0,40$), enquanto o grupo BL reduz a duração frente à perturbação ($p < 0,01$), e reduz ainda mais após a perturbação ($p < 0,03$), aumentando a diferença do pré-perturbação ($p < 0,001$).

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 5f. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 4,00$; $p < 0,03$; poder = 0,70]. O grupo AL reduziu a duração do componente acompanhando perturbação ($p < 0,001$), e no pós-perturbação houve uma tendência de aumentar novamente a duração do componente, aproximando dos valores pré-perturbação ($p > 0,09$), mas mantendo a semelhança à condição de perturbação ($p > 0,08$). O grupo BL reduziu Tpar3 frente à perturbação ($p < 0,02$), e manteve reduzindo a duração mesmo após a perturbação havendo diferença entre perturbação e pós-perturbação ($p < 0,05$), e entre pré- e pós-perturbação ($p < 0,001$). Apesar da interação, os grupos não apresentaram diferença entre si no pré-perturbação ($p > 0,88$), na perturbação ($p > 0,72$), nem no pós-perturbação ($p > 0,15$).

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 5g. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 5,79$; $p < 0,01$; poder = 0,85]. O grupo AL acompanhou as demandas reduzindo a duração do componente na perturbação ($p < 0,001$), e voltando a aumentar a duração após a perturbação ($p < 0,01$) até valores similares aos de pré-perturbação ($p > 0,45$). O grupo BL, por outro lado, apresentou reduções significativas de Tpar4 frente à perturbação ($p < 0,001$), mas continuou com valores reduzidos após a perturbação, semelhante à perturbação ($p > 0,28$), ao invés de retornar aos valores pré-perturbação ($p < 0,001$). Apesar da interação, não foi identificada diferença entre os grupos no pré-perturbação ($p > 0,31$), na perturbação ($p > 0,38$), nem no pós-perturbação ($p > 0,08$).

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 5h. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas existentes nos blocos [$F(2,70) = 68,08$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. O *post-hoc* identificou que os grupos reduziram a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e a aumentaram novamente após a perturbação ($p < 0,001$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,05$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,47$; $p > 0,56$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,34$; $p > 0,57$].

Momento final: P1-3

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 5a e 5b respectivamente. Na precisão (EA), a ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 5,10$; $p < 0,02$; poder = 0,81]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL não manteve a precisão pré-perturbação frente à perturbação ($p < 0,01$) e continuou com a precisão prejudicada imediatamente após a perturbação ($p > 0,98$), sem tender a retornar aos níveis pré-perturbação ($p < 0,01$). O grupo AL também diminuiu a precisão quando enfrentou a perturbação ($p < 0,001$) mas melhorou a precisão imediatamente após ($p < 0,001$), retornando aos níveis pré-perturbação ($p > 0,73$), sendo, inclusive, mais preciso que BL ($p < 0,01$). Na análise da consistência (EV), não houve diferença entre os blocos [$F(2,70) = 1,60$; $p > 0,20$], grupos [$F(1,35) = 0,10$; $p > 0,71$], ou interação significativa [$F(2,70) = 0,30$; $p > 0,71$].

Organização da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 5c. A ANOVA, com fator G-G, identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 3,65$; $p < 0,04$; poder = 0,65]. O único resultado

significativo indicado pelo *post-hoc* foi que o grupo AL iniciou a tarefa mais tardiamente que BL imediatamente após a perturbação ($p < 0,01$).

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 5d. A duração do componente foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 8,67$; $p < 0,001$; poder = 0,96]. O *post-hoc* indicou que os grupos apresentaram redução progressiva duração de Tpar1 do pré-, para a perturbação ($p < 0,04$), da perturbação para o pós- ($p < 0,05$), distanciando do pré-, no pós-perturbação ($p < 0,001$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,41$; $p < 0,52$], ou interação significativa [$F(2,70) = 2,51$; $p > 0,09$].

Devido à diferença entre blocos, à interação estar próxima de significância, e à inspeção do comportamento dos grupos no gráfico, foi conduzida uma ANOVA *one-way* entre os blocos de cada grupo separadamente para maior detalhamento do comportamento (HEYES; FOSTER, 2002). As ANOVAs *one-way* identificaram que o grupo AL não apresentou alterações significativas na duração de Tpar1 ao longo dos blocos [$F(2,34) = 2,24$; $p > 0,12$], enquanto o grupo BL apresenta redução [$F(2,36) = 9,81$; $p < 0,001$; poder = 0,97]. O grupo BL não altera a duração frente à perturbação ($p > 0,25$), mas a reduz significativamente no pós-perturbação ($p < 0,01$), diferindo mais acentuadamente do pré-perturbação ($p < 0,001$).

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 5e. A ANOVA, corrigida com o fator G-G, identificou que a duração de Tpar2 foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 7,42$; $p < 0,01$; poder = 0,93]. Os grupos reduziram a duração de Tpar2 frente à perturbação ($p < 0,001$), e mantiveram essa mesma duração após a perturbação ($p > 0,19$), não retornando aos valores pré-perturbação ($p < 0,02$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,34$; $p > 0,55$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,77$; $p > 0,46$].

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 5f. A ANOVA identificou que a duração de Tpar3 foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 7,66$; $p < 0,002$; poder = 0,92]. O *post-hoc* detectou que os grupos reduziram a duração de Tpar3 frente à perturbação ($p < 0,001$), e mantiveram essa mesma duração após a perturbação

($p > 0,19$), não retornando aos valores pré-perturbação ($p < 0,02$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 1,01$; $p > 0,29$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,20$; $p > 0,74$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 5g. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 7,66$; $p < 0,002$; poder = 0,92], reduzindo a duração de Tpar4 frente à perturbação ($p < 0,001$), e aumentando novamente após a perturbação ($p < 0,01$) até os valores pré-perturbação ($p > 0,54$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,45$; $p > 0,50$], nem interação significativa [$F(2,70) = 1,38$; $p > 0,25$].

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 5h. Os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 65,01$; $p < 0,001$; poder = 1,00], reduzindo a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e a aumentando novamente após a perturbação ($p < 0,001$) até os valores pré-perturbação ($p > 0,30$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,21$; $p > 0,72$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,19$; $p > 0,83$].

9.3. Síntese dos resultados

A retenção indica que AL e BL iniciam a fase de exposição com desempenho semelhante. Quando apresentadas as perturbações P1, ambos os grupos apresentam prejuízos de desempenho durante toda a fase. No entanto, o grupo AL melhora o desempenho imediatamente após a perturbação, retomando os níveis de pré-perturbação. O grupo BL, por outro lado, não consegue retomar o desempenho de pré-perturbação, e esse desempenho é inferior ao de AL.

Ainda que de forma parcial, os resultados de desempenho frente à perturbação mais rápida, P1, favorecem a hipótese de que o grupo AL apresentaria desempenho superior. Apesar de o grupo AL ter o desempenho comprometido frente à perturbação, havia uma retomada imediatamente após, enquanto o Bl continuava com o desempenho prejudicado e inferior ao AL.

Em termos de organização da ação, também há diferenças entre os grupos desde o início da ação. Nenhum dos grupos ajusta TR frente à perturbação, mas o grupo AL tem TR mais longo que o BL. Nos momentos iniciais e intermediários, o gráfico sugere que esta diferença entre os grupos seja devido ao pós-perturbação, e nas perturbações finais (p1-3), essa diferença específica no pós-perturbação atinge nível significativo. Possivelmente, o AL adota a estratégia de iniciar mais tardiamente a tarefa para extrair mais informações devido ao desempenho prejudicado na perturbação, mesmo com o tempo para execução da tentativa anterior (i.e., perturbação) sendo menor. Em Tpar1 é mostrado que AL já inicia a tarefa (P1-1 e P1-2) buscando acompanhar a demanda com resíduos após as primeiras perturbações, enquanto BL não acompanha a perturbação e executa Tpar1 pós-perturbação como se estivesse na situação de perturbação. Em Tpar2, 3 e 4, o grupo AL apresenta mudanças conforme as demandas do estímulo visual, enquanto o BL apresenta resíduos da demanda da perturbação no pós-perturbação, ou seja, tendendo a reduzir a duração dos componentes quando era solicitado aumento. No último componente, Tpar5, ambos os grupos fazem ajustes conforme as demandas. Apesar de os componentes estarem sendo analisados de forma separada, a tarefa é única. Assim, o aumento significativo de TR, e os pequenos atrasos do AL em Tpar2, 3 e 4 em relação a BL, apesar de não terem alcançado significância estatística, podem ter sido responsáveis pela retomada do desempenho de AL imediatamente após a perturbação. Tais resultados indicam que as estruturas de controle formadas com as duas estruturas de prática são distintas.

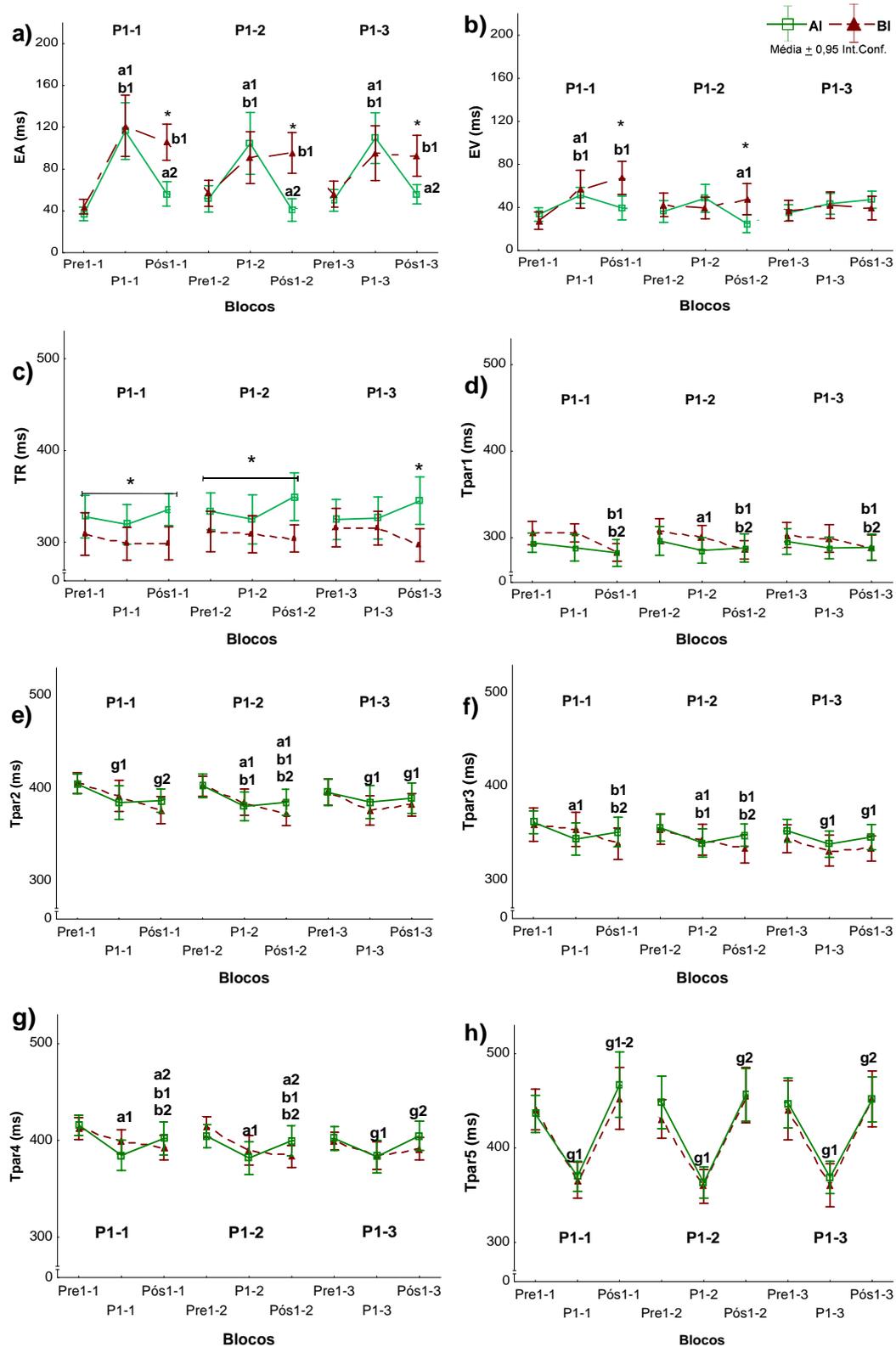


GRÁFICO 5 – Desempenho e duração dos componentes da ação nas tentativas pré-perturbação (Pre), perturbação (P) e pós-perturbação (Pós) das perturbações rápidas (P1). Os gráficos ilustram os momentos iniciais (P1-1), intermediários (P1-2) e finais (P1-3) das perturbações rápidas (P1) fase de exposição do segundo experimento. Os símbolos indicam: * diferença entre grupos; ___* diferença entre blocos sem interação; a1 e a2 diferença para as ttpre-perturbação e perturbação, respectivamente, no grupo AL; b1 e b2 diferença para as ttpre-perturbação e perturbação, respectivamente, no grupo BL; e g1 e g2 diferença para as ttpre-perturbação e perturbação, respectivamente, sem distinção de grupos. Significância: $p < 0,05$.

9.4. Exposição a perturbações: Perturbação 2 (2500ms)

Momento inicial: P2-1

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 6a e 6b respectivamente. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos na precisão (EA) [$F(2,70) = 17,78$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL diminuiu a precisão de pré-perturbação frente à perturbação ($p < 0,001$), mas melhorou a precisão imediatamente após a perturbação ($p < 0,001$) retomando os níveis pré-perturbação ($p > 0,43$). O grupo AL, por outro lado, não mostrou perda de precisão frente às perturbações ($p > 0,23$) ou pós-perturbações ($p > 0,79$). Além disso, a precisão do BL foi inferior a do AL na perturbação ($p < 0,001$).

Na consistência do desempenho (EV), também foi identificado comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 3,79$; $p < 0,03$; poder = 0,67]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL apresentou redução da consistência na perturbação ($p < 0,04$), e que manteve na pós-perturbação ($p > 0,17$), mas tendeu a melhorar, se aproximando dos valores pré-perturbação ($p > 0,39$). O grupo AL não apresentou perda de consistência nas perturbações ($p > 0,12$) ou pós-perturbações ($p > 0,12$), e entre grupos, foi demonstrado que BL é menos variável que AL no pré-perturbação ($p < 0,03$).

Componentes da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 6c. O tempo para iniciar a tarefa foi influenciado pela perturbação [$F(2,70) = 4,95$; $p < 0,01$; poder = 0,79]. O *post-hoc* indicou que os grupos aumentaram o tempo para início da tarefa da tentativa com perturbação para a pós-perturbação ($p < 0,01$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 1,72$; $p > 0,19$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,82$; $p > 0,44$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 6d. A duração de Tpar1 foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 4,81$; $p < 0,02$; poder = 0,78]. A duração do componente aumentou frente à perturbação ($p < 0,05$), não reduziu significativamente da perturbação para o pós-perturbação ($p > 0,15$), mas foi similar aos valores pré-perturbação ($p > 0,11$) indicando uma tendência a reduzir. Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,00$; $p > 0,92$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,27$; $p > 0,76$].

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 6e. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 6,97$; $p < 0,001$; poder = 0,91]. Os grupos aumentaram a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,01$), mas apenas AL reduziu a duração após a perturbação ($p < 0,01$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,63$). O grupo BL continuou aumentando a duração do componente após a perturbação, não havendo diferença entre perturbação e pós-perturbação ($p > 0,18$), mas acentuando a diferença em relação ao pré-perturbação ($p < 0,001$). Entre os grupos a diferença não alcançou significância ($p > 0,07$).

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 6f. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 7,00$; $p < 0,001$; poder = 0,91]. O grupo AL aumentou a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,02$), e reduziu novamente no pós-perturbação ($p < 0,001$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,13$), enquanto o BL não modificou significativamente a duração de Tpar3 ($p > 0,10$). A duração do componente em AL foi maior que em BL frente à perturbação ($p < 0,01$), acompanhando as demandas específicas da tentativa.

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 6g. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 4,38$; $p < 0,02$; poder = 0,73]. O grupo AL apresentou aumento de Tpar4 conforme a demanda ($p < 0,01$), e voltou a reduzir a duração após a perturbação ($p < 0,001$), retomando valores similares aos de pré-perturbação ($p > 0,22$). O grupo BL também apresentou aumentos significativos de Tpar4 frente à perturbação ($p < 0,01$), mas manteve a duração aumentada no pós-perturbação ($p > 0,67$), sem tendência de retornar aos valores pré-perturbação ($p < 0,03$). Apesar do comportamento diferente, não houve diferença entre os grupos ($p > 0,08$).

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 6h. A ANOVA, com correção G-G, identificou que os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 74,52$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. Os grupos aumentaram a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e a reduziram novamente após a perturbação ($p < 0,001$) retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,17$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,73$; $p > 0,39$], nem interação significativa [$F(2,70) = 1,79$; $p > 0,17$].

Momento intermediário: P2-2

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 6a e 9b respectivamente. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos na precisão (EA) [$F(2,70) = 13,73$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL diminuiu a precisão pré-perturbação frente à perturbação ($p < 0,001$), mas aumentou a precisão imediatamente após a perturbação ($p < 0,001$), retomando os níveis pré-perturbação ($p > 0,83$). O grupo AL, por outro lado, não mostrou perda de precisão frente às perturbações ($p > 0,06$), ou pós-perturbação ($p > 0,24$). A precisão de BL foi inferior a de AL na perturbação ($p < 0,001$). Na análise da consistência (EV)

não houve diferenças entre blocos [$F(2,70) = 1,40$; $p > 0,25$], grupos [$F(1,35) = 2,56$; $p > 0,11$], ou interação significativas [$F(2,70) = 1,30$; $p > 0,27$].

Organização da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 6c. A ANOVA não identificou diferenças entre grupos [$F(1,35) = 1,13$; $p > 0,29$], blocos [$F(2,70) = 4,95$; $p > 0,08$], ou interação significativa [$F(2,70) = 1,10$; $p > 0,33$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 6d. A ANOVA, com correção G-G, identificou que a duração do componente foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 11,69$; $p < 0,001$; poder = 0,99]. Em ambos os grupos, a duração do componente foi maior frente à perturbação ($p < 0,05$), e no pós-perturbação os aumentos não foram significativos ($p > 0,07$), mas acentuou a diferença em relação ao pré-perturbação ($p < 0,01$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,00$; $p > 0,92$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,27$; $p > 0,76$].

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 6e. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 3,78$; $p < 0,03$; poder = 0,67]. O grupo AL aumentou a duração do componente acompanhando perturbação ($p < 0,001$), e reduziu novamente no pós-perturbação ($p < 0,03$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,25$). A duração do componente do grupo BL se manteve frente à perturbação ($p > 0,11$), mas no pós-perturbação, apesar de não ser diferente da perturbação ($p > 0,13$), aumentou significativamente em relação ao pré-perturbação ($p < 0,01$). A duração de Tpar2 do grupo AL foi maior que de BL frente à perturbação ($p < 0,01$).

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 6f. A ANOVA identificou que a duração do componente foi influenciada pela perturbação [$F(2,70) = 6,48$; $p < 0,01$; poder = 0,89]. O *post-hoc* detectou que os grupos aumentaram a duração de Tpar3 frente à perturbação ($p < 0,002$), e mantiveram essa mesma duração após a perturbação ($p > 0,51$), não retornando aos valores pré-perturbação ($p < 0,01$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 3,72$; $p > 0,06$], nem interação significativa [$F(2,70) = 0,10$; $p > 0,89$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 6g. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 6,98$; $p < 0,002$; poder = 0,91]. O grupo AL apresentou aumento da duração do componente frente à perturbação conforme a demanda ($p < 0,001$), e voltou a reduzir a duração após a perturbação ($p < 0,001$), retomando valores similares aos de pré-perturbação ($p > 0,29$), enquanto o grupo Bl não apresentou modificações significativas de Tpar4 ($p > 0,07$). A duração do componente de AL frente à perturbação foi maior que de a BL ($p < 0,01$).

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 6h. A ANOVA identificou que os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 57,12$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. Os grupos reduziram a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e a aumentaram novamente após a perturbação ($p < 0,001$) retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,17$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,58$; $p > 0,44$], nem interação significativa [$F(2,70) = 1,13$; $p > 0,32$].

Momento final: P2-3

Desempenho (EA e EV)

Os resultados de desempenho, EA e EV, estão ilustrados no GRAF. 6a e 6b respectivamente. A ANOVA, com correção G-G, identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos na precisão (EA) [F(2,70) = 13,84; $p < 0,001$; poder = 0,99]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL não manteve a precisão pré-perturbação frente à perturbação ($p < 0,001$), mas melhorou a precisão imediatamente após a perturbação ($p < 0,001$) retomando os níveis pré-perturbação ($p > 0,41$). O grupo AL também apresentou prejuízos na precisão frente às perturbações ($p < 0,01$) e melhorou logo após ($p < 0,02$) retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,69$). Apesar dessa mudança de comportamento de AL nas perturbações finais, continuou mais preciso que BL frente à perturbação ($p < 0,001$).

Na consistência do desempenho (EV), também foi identificado comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [F(2,70) = 4,76; $p < 0,02$; poder = 0,77]. O *post-hoc* indicou que o grupo BL apresentou redução da consistência na perturbação ($p < 0,05$), mas melhorou imediatamente após ($p < 0,01$) retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,25$). O grupo AL, por outro lado, não apresentou alterações significativas na consistência ($p > 0,20$), e foi mais consistente que BL frente à perturbação ($p < 0,001$).

Organização da ação (TR, Tpar1, Tpar2, Tpar3, Tpar4, Tpar5)

TR

Os resultados de desempenho de TR estão ilustrados no GRAF. 6c. A ANOVA não identificou diferenças entre grupos [F(1,35) = 3,23; $p > 0,08$], blocos [F(2,70) = 1,13; $p > 0,32$], ou interação significativa [F(2,70) = 0,52; $p > 0,59$].

Tpar1

Os resultados de desempenho de Tpar1 estão ilustrados no GRAF. 6d. A ANOVA não identificou diferenças entre grupos [$F(1,35) = 1,16$; $p > 0,28$], blocos [$F(2,70) = 2,58$; $p > 0,08$], ou interação significativa [$F(2,70) = 0,60$; $p > 0,54$].

Tpar2

Os resultados de desempenho de Tpar2 estão ilustrados no GRAF. 6e. A ANOVA identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 5,37$; $p < 0,01$; poder = 0,82]. O grupo AL aumentou a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e reduziu novamente pós-perturbação ($p < 0,03$), retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,25$). O grupo BL não apresentou diferença entre os blocos ($p > 0,10$), mas apresentou menor duração que AL frente à perturbação ($p < 0,02$).

Tpar3

Os resultados de desempenho de Tpar3 estão ilustrados no GRAF. 6f. A ANOVA não indicou diferenças entre grupos [$F(1,35) = 1,57$; $p > 0,21$], blocos [$F(2,70) = 2,61$; $p > 0,08$], ou interação significativa [$F(2,70) = 0,57$; $p > 0,57$].

Tpar4

Os resultados de desempenho de Tpar4 estão ilustrados no GRAF. 6g. A ANOVA, com correção G-G, identificou comportamento diferenciado entre os grupos a partir da interação significativa entre grupos e blocos [$F(2,70) = 6,98$; $p < 0,002$; poder = 0,91]. O grupo AL apresentou aumento da duração do componente frente à perturbação conforme a demanda ($p < 0,01$), e voltou a reduzir a duração após a perturbação ($p < 0,001$), retomando valores similares aos de pré-perturbação ($p > 0,06$), enquanto o grupo BL não apresentou modificações significativas de Tpar4 ($p > 0,08$). A duração do componente do grupo Al frente à perturbação foi maior que a do BL ($p < 0,002$).

Tpar5

Os resultados de desempenho de Tpar5 estão ilustrados no GRAF. 6h. A ANOVA identificou que os grupos ajustaram o componente conforme as demandas [$F(2,70) = 59,84$; $p < 0,001$; poder = 1,00]. Os grupos aumentaram a duração do componente frente à perturbação ($p < 0,001$), e diminuíram novamente após a perturbação ($p < 0,001$) retomando os valores pré-perturbação ($p > 0,42$). Não houve diferença entre os grupos [$F(1,35) = 0,05$; $p > 0,83$], nem interação significativa [$F(2,70) = 1,37$; $p > 0,25$].

9.5. Síntese dos resultados

Os resultados frente à P2 complementam os resultados frente à P1, e corroboram a superioridade da prática AL para lidar com perturbações. Frente às perturbações P2, o grupo BL apresenta prejuízo de desempenho durante toda a fase, apesar de retomar o desempenho imediatamente após as perturbações. O grupo AL, por outro lado, apresenta redução de precisão apenas nas últimas perturbações, mas em todas as perturbações o desempenho do AL é superior ao do BL.

Em termos de organização da ação, os resultados também corroboram a hipótese de que os grupos apresentariam organizações diferenciadas; são mostradas diferenças entre os grupos já a partir do segundo componente do movimento (Tpar2). Nenhum dos grupos ajusta TR frente às perturbações, mas a análise mostrou um aumento no TR após as perturbações iniciais, aparentemente devido ao grupo AL, e sugere uma tentativa de extrair mais informações. Em Tpar1 os grupos apresentam mudanças em direção à demanda da perturbação, havendo resíduos no pós-perturbação nos momentos intermediários. Em Tpar2, 3 e 4, de forma geral, AL se adequa às demandas, e se diferencia de BL, que apresenta resíduos das perturbações no pós-perturbação. No último componente, Tpar5, ambos os grupos fazem ajustes conforme as demandas, e de forma semelhante.

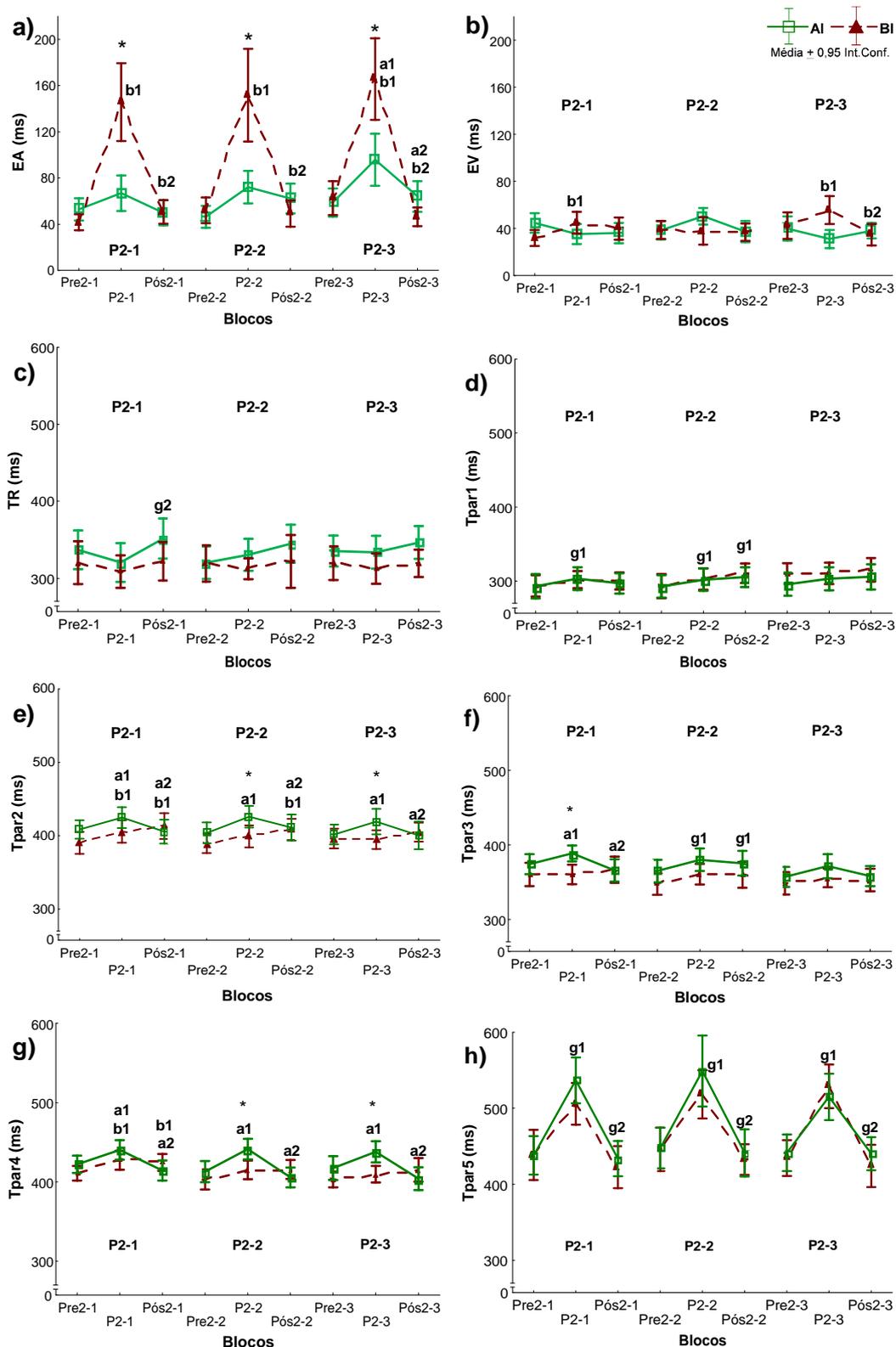


GRÁFICO 6 – Desempenho e duração dos componentes da ação nas tentativas pré-perturbação (Pre), perturbação (P) e pós-perturbação (Pós) das perturbações lentas (P2). Os gráficos ilustram os momentos iniciais (P2-1), intermediários (P2-2) e finais (P2-3) das perturbações lentas (P2) fase de exposição do segundo experimento. Os símbolos indicam: * diferença entre grupos; ___*___ diferença entre grupos sem interação; a1 e a2 diferença para as ttpré-perturbação e perturbação, respectivamente, no grupo AL; b1 e b2 diferença para as ttpré-perturbação e perturbação, respectivamente, no grupo BL; e g1 e g2 diferença para as ttpré-perturbação e perturbação, respectivamente, sem distinção de grupos. Significância: $p < 0,05$.

10. DISCUSSÃO – Experimento 2

A realização do segundo experimento parte dos mesmos pressupostos do primeiro, de que a variação de prática nas práticas anteriores é importante para permitir aos participantes lidarem com perturbações (GHAHRAMANI; WOLPERT, 1997; KRAKAUER *et al.*, 2000; WERNER; BOCK, 2007), e de que a forma como essas variações são organizadas pode influenciar o comportamento motor frente a perturbações (BABO *et al.* 2008; HALL *et al.*, 1994). Entretanto, há a consideração adicional de que perturbações imprevisíveis, diferentemente das previsíveis, dificultam a antecipação e, portanto, requerem reprogramação ou correções *online* das ações (RICHTER *et al.*, 2004; RIEGER *et al.*, 2005). Como a literatura de aprendizagem motora indica que as práticas em blocos e aleatória diferenciam a forma como os participantes lidam com as informações e organizam as ações, havendo maior eficiência na prática aleatória (KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011; WRIGHT *et al.*, 2005), o presente experimento teve como objetivo investigar se esses efeitos observados na aprendizagem se estenderiam ao comportamento frente a perturbações imprevisíveis. As hipóteses testadas foram de que o desempenho do grupo AL seria superior ao de BL, e obtido por formas distintas de organização da ação. A diferença na organização seria observada principalmente em elementos críticos como o TR, indicador de detecção inicial das perturbações e de planejamento inicial da ação, e os componentes motores que, de acordo com os resultados de Izawa *et al.* (2008), seriam executados mais rapidamente pelo grupo AL no início da tarefa, e mais lentamente dos momentos intermediários aos finais, indicando uso de informação corrente e ajustes *online* da ação. Além disso, os resultados de Fonseca *et al.* (2012) também mostram que, em tarefas que requerem organização de componentes, a perturbação leva a ajustes no componente prévio à interceptação. Os resultados serão discutidos a partir do desempenho observado e, em seguida, pela organização da ação.

A retenção nesse segundo experimento também indicou que os grupos de prática aleatória e em blocos iniciaram a fase de exposição com desempenho semelhante. Entretanto, quando apresentadas as perturbações, o comportamento dos grupos se tornou distinto: a prática aleatória apresentou bons desempenhos, e ainda melhores que a em blocos.

Frente às perturbações mais rápidas (P1), ambos os grupos apresentaram prejuízos de desempenho, mas o grupo AL conseguiu melhorar o desempenho e retomar os níveis pré-perturbação imediatamente após a perturbação, enquanto o BL piorou o desempenho e não conseguiu retornarem todos os blocos analisados. Nas perturbações mais lentas (P2), ficou

evidente a superioridade adaptativa proporcionada pela prática AL com bons desempenhos nas perturbações, superioridade que diminuiu em amplitude no último bloco analisado. Mas, mesmo com redução de desempenho, este grupo ainda é superior ao BL. O grupo BL, por sua vez, apresentou prejuízo de desempenho frente às perturbações durante toda a fase, porém retomou o desempenho imediatamente após as perturbações. Além de corroborarem os estudos que apontam a importância da variação das experiências para a adaptação a perturbações (GHAHRAMANI; WOLPERT, 1997; KRAKAUER *et al.*, 2000; WERNER; BOCK, 2007), os resultados obtidos sugerem que os efeitos diferenciados das práticas em blocos e aleatória obtidos em aprendizagem motora (BABO *et al.*, 2008; HALL *et al.*, 1994) podem ser extrapolados para a capacidade de adaptar, quando exigido. Esses resultados sustentam a primeira hipótese de que o grupo AL apresentaria desempenho superior em contextos com perturbações imprevisíveis. Contudo, para entender o porquê das diferenças de desempenho, é necessário verificar como os grupos obtiveram esses desempenhos, isto é, realizar uma análise da organização das ações e, assim, responder à segunda hipótese do estudo.

Achados na literatura sugerem que a manipulação da variabilidade da prática confere capacidades diferenciadas aos participantes em lidar com as informações e organizar as ações (IZAWA *et al.*, 2008; KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011; WRIGHT *et al.*, 2005). Os resultados deste experimento corroboram essa proposição, indicando diferenças entre os grupos desde o início da ação.

Nenhum dos grupos ajusta TR frente às perturbações, mas AL apresenta TR consistentemente aumentado pós P1, e após as primeiras apresentações de P2. Diferenças no TR eram esperadas, mas não seguem a direção apresentada em alguns estudos que indicam a redução no TR com práticas aleatórias (KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011; WRIGHT *et al.*, 2005). Uma possibilidade para se explicar essas diferenças entre os resultados deste estudo e os demais é a consideração do tipo de tarefa. Wright *et al.* (2005) e Kruisselbrink e Van Gyn (2011) utilizaram tarefas que requisitavam início rápido, ou seja, TR curtos, enquanto a tarefa neste estudo requeria coincidência, e não o mais rápido possível. Além disso, os tempos utilizados foram testados de forma a proporcionar tempo suficiente para a realização da tarefa. Por essas características, a interceptação não foi determinada pelo TR, mas pelo tempo de resposta (Tresp) composto pelo TR e pelo tempo de movimento (TM), organizados em um tempo ótimo (SCHMIDT; LEE, 2011). Essa composição dupla possibilita a flexibilidade de ajustar o TR e/ou o TM para obter uma resposta adequada. Essas características das tarefas de interceptação possibilitam a adoção de estratégias diferentes, de

acordo com as demandas apresentadas. Alguns estudos mostram que o TR pode ser alongado para ajustar o tempo de interceptação (ZAGO *et al.*, 2004; ZAGO; LACQUANITI, 2005), e outros encontraram ajustes no TM (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011).

O TR é um momento de programação inicial da ação a partir das primeiras informações, e que varia de acordo com as demandas da situação (SCHMIDT; LEE, 2011). Assim, a novidade das perturbações iniciais acopladas aos erros acentuados frente P1, podem ter feito com que o grupo AL alongasse o TR com o intuito de extrair mais informações para, desde o início da ação, executar de forma mais adequada à demanda. Como as perturbações P2 não chegaram a comprometer o desempenho, a apresentação delas não gerou “alerta” tão acentuado quanto as P1, apesar de ter havido resíduo nas primeiras perturbações do grupo AL, observado no aumento do TR no pós-perturbação. Poder-se-ia argumentar que o aumento de TR ocorreu devido à necessidade de regulação do tempo de movimento para interceptação, como mostrado por Zago e colaboradores (ZAGO *et al.*, 2004; ZAGO; LACQUANITI, 2005). Entretanto, a estratégia no pós-P2 seria inadequada, pois o pós-perturbação é mais rápido que a perturbação, o que requereria redução do TR, e não o seu aumento. De qualquer forma, ainda poderia ser argumentado que o TR aumentado pós-P2 foi resultado do efeito da perturbação no pós-perturbação (THOROUGHMAN; SHADMER, 2000), e os participantes alongaram o TR, agindo na expectativa da tentativa anterior. Contudo, essa análise não seria suficiente para explicar o TR aumentado no pós-P1, pois pela expectativa da perturbação na tentativa anterior os participantes deveriam reduzir o TR, e não aumentar. Assim, a explicação mais plausível é que o TR foi aumentado para possibilitar a melhor extração de informação sobre a velocidade do estímulo visual.

Apesar do comportamento diferente do observado por Wright *et al.* (2005) e por Kruisselbrink e Van Gyn (2011), os resultados presentes sugerem que a prática aleatória favorece a extração de informações iniciais para o planejamento da ação. A hipótese de extração de informação, embora coerente, pode ficar mais robusta com a análise dos componentes da ação, principalmente do primeiro componente Tpar1, que sofreria diretamente os efeitos da informação extraída durante o TR.

Em Tpar1 foi observado que o grupo AL já apresentava mudanças conforme a demanda de ambas as perturbações, enquanto o BL somente mudou frente à perturbação mais lenta, que proporcionava mais tempo disponível. Além disso, nos pós-perturbação, o grupo BL apresentou, consistentemente, resquícios do comportamento frente à perturbação, enquanto o AL retornou ao comportamento observado no pré-perturbação. Esses resultados fortalecem a indicação de que o TR aumentado no pós-perturbação do grupo AL é uma

tentativa de extrair mais informações, que são usadas para adequações do primeiro componente de movimento. No grupo BL, os participantes iniciaram a tentativa pós-perturbação como se ainda houvesse perturbação. Por exemplo, no GRAF. 5d pode-se observar que o grupo BL não reduziu a duração de Tpar1 frente P1, que era mais rápida que a tentativa anterior (pré-perturbação). Na tentativa pós-perturbação, no entanto, quando a velocidade do estímulo reduzia novamente, ao invés de aumentos na duração de Tpar1, foram observadas reduções. Ou seja, a duração de Tpar1 foi contrária ao estímulo corrente tanto na perturbação quanto no pós-perturbação, e de acordo com as suas respectivas tentativas prévias. Para esses resultados, são possíveis duas explicações: a primeira é de que a prática aleatória favorece a extração de informações relevantes e a utilização dessas informações na respectiva tentativa, conforme apresentado anteriormente; a segunda é que, a partir da prática em blocos, a ação será organizada com uso predominante de informações das tentativas anteriores, e não das atuais. Esse comportamento a partir da prática em blocos se deve, provavelmente, à formação de estruturas de controle em condições de constância de estímulo (IZAWA *et al.*, 2008), que serão menos adaptativas, como será discutido mais adiante.

Nos componentes Tpar2, 3 e 4, enquanto o grupo BL não apresentou mudanças em todos os blocos, o grupo AL foi consistente na adequação dos componentes às demandas, tanto na perturbação quanto no pós-perturbação. Por exemplo, na P2, a adequação destes componentes à demanda da tarefa pode ter sido decisiva para o melhor desempenho, e pode ser considerada como proveniente de ajustes *online*. Além disso, na tentativa pós-perturbação o grupo AL já retomava o mesmo comportamento da tentativa pré-perturbação. Ao contrário, os participantes do grupo BL continuaram a apresentar efeitos da perturbação no pós-perturbação tanto em P1 quanto em P2, e esse comportamento fortalece as indicações de que a prática com características de maior constância, como a em blocos, faz com que seja desenvolvida uma forma de controle motor com organização prévia e preditiva da ação (IZAWA *et al.*, 2008). No componente Tpar2, por exemplo, considerando a sua duração conjuntamente a de TR e do Tpar1, mesmo havendo tempo suficiente para que sejam feitos ajustes *online* (CARLTON, 1981), o grupo BL continuou a apresentar comportamento baseado na tentativa anterior, o que indica predominância de utilização de informações de tentativas anteriores em detrimento de informações correntes. Esse controle preditivo em tarefas de interceptação não é incomum (de AZEVEDO NETO; TEIXEIRA, 2011), entretanto as adequações a perturbações demandam detecção de informações e ajustes *online* (TEIXEIRA *et al.*, 2006), e os resultados indicam que a prática aleatória é mais efetiva para possibilitar a capacidade de realizar essas correções. No último componente, Tpar5, ambos os

grupos fizeram ajustes conforme as demandas e de forma semelhante. Mas, os ajustes não foram suficientes para o grupo BL ter desempenho similar ao AL. Conseqüentemente, a capacidade de fazer ajustes *online* nos componentes intermediários foi decisiva para o melhor desempenho do grupo AL frente a perturbações.

De forma geral, a análise dos componentes da ação permite inferir que práticas com maior variabilidade possibilitam o desenvolvimento de estrutura de controle mais competentes para extraírem e utilizarem informações na modificação da organização da ação, tanto previamente quanto durante a execução. Como a estrutura foi adquirida durante a prática, uma observação do comportamento dos grupos durante a fase de aquisição pode lançar luz adicional sobre essa diferença comportamental entre os dois grupos durante a exposição a perturbações.

Os resultados da aquisição nesse segundo experimento se assemelham aos do primeiro, com o grupo BL apresentando reduções mais acentuadas no erro a cada bloco de 50tt, e um aumento acentuado nas trocas de blocos, enquanto no grupo AL se observa uma redução mais gradual e contínua dos erros ao longo da fase. Novamente, esses resultados remetem aos de Gray (2002), em que repetições consecutivas de uma determinada demanda da tarefa levam a reduções acentuadas do erro, enquanto a troca de tarefa após uma sequência de demandas iguais faz com que os erros sejam exacerbados.

Apesar de o estudo de Gray (2002) não ser sobre prática e aprendizagem, ele aponta para a forma de controle, e quais informações são utilizadas quando há repetições sequenciais de uma mesma demanda. Provavelmente, devido às repetições sequenciais na prática em blocos, esse grupo aprendeu a usar de forma preferencial as informações das tentativas anteriores para organizar suas ações. Essa é inclusive a perspectiva apontada por Izawa *et al.* (2008), de que, em ambientes que apresentam menor nível de incerteza, a ação tende a ser predominantemente pré-programada e executada conforme essa pré-programação. Por outro lado, nas práticas em ambientes com alta variabilidade a organização da ação tende a ser realizada de acordo com as informações correntes, e o desempenho na prática aleatória durante a aquisição é um indicador dessa tendência. Os resultados mostraram redução dos erros do grupo AL mesmo frente à alta variabilidade, mas mostrou também que essa redução ocorreu gradualmente, possivelmente devido à maior dificuldade imposta pela necessidade de se obter informações contextuais adequadas a cada tentativa. Como a variabilidade do contexto requer extração de informação atual para que haja adequação da ação à demanda, pode-se inferir que a prática aleatória proporcionou praticar e aprender a lidar com essa extração, bem como buscar melhores estratégias para se obter essas informações. Mesmo

considerando as diferenças na variável manipulada, o estudo de Bastos *et al.* (2013) fornece suporte à proposta da influência da organização da prática na elaboração de estratégias de aprendizagem.

Os resultados do segundo experimento indicam que a prática aleatória confere capacidade superior à prática em blocos para lidar com perturbações imprevisíveis. A partir da análise da organização da ação, foi possível observar que essa maior capacidade promovida pela prática aleatória acontece devido ao desenvolvimento de estratégias que possibilitam melhor extração e uso de informações atuais, tanto previamente quanto durante a execução. A prática em blocos, por outro lado, parece favorecer o desenvolvimento de uma estrutura de controle que organiza a ação a partir do uso de informações passadas, mais especificamente das execuções imediatamente anteriores. Isso reduz a capacidade de realizar ajustes, e, conseqüentemente, a adaptação.

11. DISCUSSÃO GERAL

Este estudo foi composto de dois experimentos, sendo que cada um deles tinha suas hipóteses específicas. Em relação ao desempenho, no primeiro experimento a hipótese foi que os dois tipos de prática levariam à igual desempenho frente às perturbações previsíveis, e no segundo experimento foi que o grupo de prática aleatória apresentaria melhor desempenho frente a perturbações imprevisíveis. Ambas foram confirmadas. De forma geral, os resultados do presente estudo sugerem que a prática aleatória proporciona melhor capacidade de adaptação, pois possibilita aos participantes obterem bons desempenhos em contextos com perturbações previsíveis e imprevisíveis, enquanto na prática em blocos os bons desempenhos são observados apenas frente perturbações previsíveis.

A previsibilidade da perturbação é uma condição que influencia o desempenho (RICHTER *et al.*, 2004; LOSCHIAVO-ALVARES *et al.*, em análise). A condição previsível exige menor capacidade de utilizar informação corrente para modificações *online*, favorecendo a utilização de planejamento prévio para lidar com as alterações/perturbações e conseguir bom desempenho. Nesta condição, ambos os tipos de prática, aleatória e por blocos, proporcionam igual capacidade para pré-planejar a ação de acordo com as mudanças. 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 *online*. A prática aleatória, com as constantes mudanças na execução da tarefa, propicia a aprendizagem da utilização destes dois mecanismos, o que resultou em melhor desempenho.

Estes resultados confirmam as duas hipóteses, dos dois experimentos, relacionadas ao desempenho. Entretanto, para conseguir dar suporte à explicação sobre os mecanismos de controle utilizados na adaptação foi necessário analisar a organização dos componentes da ação.

Em cada um dos experimentos foi proposta uma hipótese específica acerca da organização da ação. No primeiro experimento, a hipótese foi que os dois tipos de prática teriam a organização da ação semelhante e no segundo experimento foi que a organização seria distinta. A hipótese do primeiro experimento foi negada e a do segundo experimento foi confirmada. A análise da organização das ações mostra diferenças no controle motor dos dois grupos, mesmo nos momentos em que ambos se adaptam (exp.1). Estes resultados sugerem que os dois tipos de prática resultam na formação de estruturas de controle distintas. Mas que

estrutura seria essa, e quais as suas características para explicarem os comportamentos observados e a influência das práticas? Uma possibilidade de se explicar essa estrutura formada durante a aprendizagem, e que também possibilitaria explicar os achados do presente estudo de forma global, é encontrada na teoria de Múltiplos Pares de Modelos *Forward* e *Inverso* (MPMFI)³ (KAWATO, 1999; WOLPERT; KAWATO, 1998).

De acordo com esse modelo teórico, as ações são controladas a partir da integração de módulos, ou mapas sensório-motores, que são representações neurais de controle no SNC formadas e re-calibradas com a prática, que possibilitam execução de movimentos a partir de informações passadas e atuais de aspectos dinâmicos ou cinemáticos (KRAKAUER *et al.*, 1999). A execução de uma determinada habilidade requer a participação de um ou mais módulos, e a combinação dos comandos enviados por esses diferentes módulos resulta em um comando motor final que controla a ação (GHAHRAMANI; WOLPERT, 1997). Dentro deste referencial, duas características são fundamentais para uma boa execução: haver módulos suficientes para enviarem comandos para a ação, e extrair informações adequadas para determinara contribuição de cada módulo. O comportamento adaptativo será possibilitado, então, da seguinte maneira: caso um participante se depare com uma perturbação e possua os módulos necessários e meios de estabelecer a contribuição de cada um deles, ele será capaz de lidar com a nova demanda, sem que esta tenha sido praticada em algum momento anterior. O bom desempenho na prática aleatória ao final da aquisição pode ser resultado da formação de diferentes módulos, e o maior TR observado na perturbação pode ser utilizado para extrair informações e buscar estabelecer a contribuição de cada módulo.

Para exercerem essas funções, a teoria de MPMFI propõe que cada um dos módulos existentes é composto por três elementos básicos, sendo dois de controle, e um informacional (KAWATO, 1999; WOLPERT; KAWATO, 1998). Os elementos de controle são denominados modelo inverso e modelo *forward*, que nomeiam o modelo teórico, e funcionam em pares. O modelo inverso considera o estado atual (*e.g.* posição atual) e determina os comandos motores orientados para um estado futuro desejado (*e.g.* posição futura). O modelo *forward*, por sua vez, recebe uma cópia eferente do comando motor produzido, e simula os efeitos desse comando. Caso a simulação do *forward* sugira um efeito adequado do comando, ele é conduzido como foi determinado. Se a simulação mostrar inadequações, é feita uma modelagem das correções necessárias no comando para que este seja eficiente, e um sinal é enviado ao modelo inverso para que este produza um novo

³*Multiple Paired Forward-Inverse Models*

comando motor com as correções adequadas. O terceiro elemento presente em um módulo é o preditor de responsabilidade. Ele tem como característica analisar as informações ambientais e determinar a contribuição do módulo específico na execução da ação. Assim, sua função é melhor exercida quanto melhor for a extração da informação do ambiente. A capacidade adaptativa ideal será alcançada a partir da existência de módulos com preditores de responsabilidade competentes em lidar com informações ambientais, e pares *forward*-inverso capazes de gerar os comandos motores mais apropriados para cada condição. Para isso, é necessária prática (KAWATO, 1999; WOLPERT; KAWATO, 1998), e principalmente que ela seja variada (GHAHRAMANI; WOLPERT, 1997; KRAKAUER *et al.*, 2000; WERNER; BOCK, 2007).

Ghahramani e Wolpert (1997) demonstraram que a prática de apontamentos em duas condições sensório-motoras diferentes possibilitava aos participantes formarem dois módulos distintos, e os combinarem de forma a executar cinco outras dinâmicas não praticadas previamente. Ainda nesta mesma linha de raciocínio é possível citar o estudo de Krakauer *et al.* (2000). Estes autores mostraram que em apontamentos a alvos fixos com distorção visual, a capacidade de adaptação aumentava à medida que se aumentava o número de direções de apontamento. Trazendo essa análise para os resultados do presente estudo, podemos considerar que cada uma das restrições temporais praticadas apresentavam dinâmicas específicas, que poderiam ser combinadas para possibilitarem a execução adequada às novas demandas da tarefa (*i.e.*, perturbações). Entretanto, os nossos resultados trazem indicação adicional de que não apenas a variação dessas dinâmicas é importante, mas a forma como a prática delas é organizada, pois as práticas em blocos e aleatória levaram a diferentes organizações da ação, e a prática aleatória apresentou maior capacidade adaptativa.

Nos dois experimentos realizados, ambos os grupos executaram a mesma quantidade de tentativas em cada uma das três demandas temporais, e teriam a possibilidade de combiná-las em novos padrões motores. Frente a perturbações previsíveis (experimento 1), essa combinação foi observada de forma eficiente em ambos os grupos. Mas frente a perturbações imprevisíveis (experimento 2), apenas o grupo de AL conseguiu se adaptar. Se considerarmos que em termos de elaboração de comandos motores não existia diferenças entre os experimentos, uma vez que as solicitações motoras foram idênticas em ambos, a adaptação observada no primeiro experimento permite assumir que ambas as práticas possibilitaram a formação de controladores *Forward*-Inverso competentes para lidarem com as novas demandas temporais. Por outro lado, se em termos de controle os experimentos se assemelhavam, em termos informacionais as demandas eram distintas.

As pistas fornecidas no primeiro experimento, ainda que apenas sobre a direção da mudança, facilitavam a detecção dessas mudanças e a organização prévia da ação, uma vez que a nova demanda já era esperada. Por outro lado, no contexto imprevisível, a ação somente poderia ser organizada de forma adequada após a detecção da mudança, e a demanda de detecção era aumentada, uma vez que ocorria sem pistas. De acordo com a proposta de controle baseada em múltiplos pares de modelos *Forward* e Inverso, a diferença adaptativa dos dois tipos de prática deve ser creditada à formação e calibração do preditor de responsabilidade. A tendência de maior TR do grupo de prática aleatória no segundo experimento pode ser resultante do tempo gasto para extrair informações que foram usadas para ajustar os comandos enviados pelo modelo inverso.

Como já discutido anteriormente, práticas repetitivas como as em blocos, favorecem o desenvolvimento de um controle preditivo (IZAWA *et al.*, 2008) com as execuções sendo realizadas baseadas nas tentativas anteriores (GRAY, 2002). O maior erro do grupo de prática por blocos nas tentativas pós-perturbação no segundo experimento sustenta esta proposta. Por outro lado, à medida que se aumenta a variabilidade da prática, mudam-se também as condições de controle, que passam a ocorrer a partir de extrações informacionais atuais, seja previamente (KRUISSELBRINK; VAN GYN, 2011; WRIGHT *et al.*, 2005) ou durante a execução (IZAWA *et al.*, 2008), que favorecem, respectivamente, a reorganização prévia, e/ou ajustes *online*. Consequentemente, apesar de ambas as práticas possibilitarem a formação de controladores, apenas a prática aleatória possibilitou a formação/calibração de preditores de responsabilidade competentes para alterar os módulos de acordo com a demanda da perturbação. As maiores alterações nos componentes intermediários e finais dos grupos aleatórios também sustentam esta proposta.

12. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E FUTUROS ESTUDOS

Os achados desse estudo permitem concluir que não apenas a variação da prática é importante para a adaptação motora, mas que também a forma como essa prática é organizada parece influenciar o comportamento motor dos participantes, principalmente frente a perturbações. A prática em blocos possibilita adaptação apenas a perturbações previsíveis, provavelmente por possibilitar a formação de estruturas de controle competentes, mas restringe a capacidade de extrair e usar as informações ambientais para realizar modificações na ação. A prática aleatória, por outro lado, possibilita um comportamento mais adaptável, conferindo capacidade de lidar com perturbações previsíveis e imprevisíveis, e essa capacidade adaptativa se deve, além da formação de estruturas de controle competentes, à potencialização da capacidade de extração de informações ambientais e (re)organização da ação conforme a demanda. De acordo com a teoria de modelos internos, a diferença entre as duas formas de prática estaria no preditor de responsabilidade, que é o elemento responsável por definir a contribuição de diferentes pares de modelos *forward*-inverso na organização da ação conforme a demanda ambiental.

Apesar dos resultados do estudo corresponder em adequadamente aos objetivos propostos, algumas considerações devem ser feitas, e elas apontam questões a serem investigadas. Primeiramente, a utilização de fases de exposição com configurações idênticas para ambos os experimentos possibilita discutir a capacidade conferida pelas práticas em extrair e utilizar informações, e validam as conclusões acerca dessa capacidade. Entretanto, não foi feita uma investigação direta do comportamento dos grupos quanto à extração de informação, o que deixa essa questão em aberto para futuros estudos. Como na tarefa atual a informação principal está no estímulo luminoso em deslocamento, estudos que acompanhem a visão dos participantes podem auxiliar na compreensão dessa questão. Outras possibilidades que também auxiliariam na compreensão da extração e uso de informações para lidar com perturbações seriam investigações que manipulassem diferentes magnitudes da perturbação, mais ou menos sutil, ou diferentes níveis de previsibilidade, por exemplo, com a indicação de perturbação mas sem indicação da direção.

No que concerne à organização da prática, esse delineamento teve como base estudos de aprendizagem motora, e há estudos indicando a possibilidade de outras formas de organização da prática partindo de pressupostos de formação de estrutura e capacidade de

mudança (CORRÊA *et al.*, 2010a; 2010b). Essas também são possibilidades futuras de investigação.

Por último, e extrapolando o escopo de pesquisa básica, os presentes resultados apontam para a possibilidade de consideração da organização da prática em contextos que demandem a aquisição ou melhoria da capacidade de adaptação como nos esportes e reabilitação. Mas, por haver limitações na aplicação direta de estudos básicos para a prática, sugere-se a possibilidade de trazer essas investigações em estudos com maior validade ecológica.

REFERÊNCIAS

- BABO, A.G.F.; de AZEVEDO NETO, R.M.; TEIXEIRA, L.A. Adaptability from contextual interference in the learning of an open skill is context dependent. *The Open Sports Medicine Journal*, v.2, p. 56-59, 2008.
- BASTOS, F.E.; MARINOVIC, W.; RUGY, A.; TANI, G. Prior knowledge of final testing improves sensorimotor learning through self-scheduled practice. *Human Movement Science*, v. 32, p.192-202, 2013.
- BENNETT, K.M.B.; CASTIELLO, U. Reorganization of prehension components following perturbation of object size. *Psychology and Aging*, v.10, n.2, p.204-214, 1995.
- BRADY, F. A theoretical and empirical review of the contextual interference effect and the learning of motor skills. *Quest*, v.50, p.266-293, 1998.
- BRADY, F. Contextual interference: a meta-analytic study. *Perceptual and Motor Skills*, v.99, p.116-12, 2004.
- BRADY, F. The contextual interference effect and sport skills. *Perceptual and Motor Skills*, v.106, p.461-472, 2008.
- BRAUN, D.A.; AERTSEN, A.; WOLPERT, D.M.; MEHRING, C. Learning optimal adaptation strategies in unpredictable motor tasks. *The Journal of Neuroscience*, v.29, n.20, p. 6472–6478, 2009.
- BUCH, E.R.; YOUNG, S.; CONTREAS-VIDAL, J.L. Visuomotor adaptation in normal aging. *Learning and Memory*, v.10, p. 55-63, 2006.
- CARLTON, L.G. Processing visual information for movement control. *Journal of experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 7, p. 1019–1030, 1981.
- CATALANO, J. F., KLEINER, B. M. Distant transfer in coincident timing as a function of variability of practice. *Perceptual and Motor Skills*, v. 58, p.851-856, 1984.

CONRAD, M. Adaptability: the significance of variability from molecule to ecosystem. New York: Plenum Press. 1983.

CORRÊA, U. C.; TANI, G. Aparelho de *timing* coincidente em tarefas complexas. P.I. nº 0.403.433-4 de 03/08/2004. *Revista da Propriedade Industrial – RPI* n. 1763, p.178, 2004.

CORRÊA, U.C.; MASSIGLI, M.; BARROS, J.A.C.; GONÇALVES, L.A.; TANI, G.; OLIVEIRA, J.A. 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, 2010a.

CORRÊA, U.C.; UGRINOWITSCH, H.; BENDA, R.N.; TANI, G. Effects of practice schedule on the adaptive process of motor learning. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, v.10, n.1, p. 158-171, 2010b.

COTHROS, N.; WONG, J.; GRIBBLE, P.L. Visual cues signaling object grasp reduce interference in motor learning. *Journal of Neurophysiology*, v. 102, p.2112–2120, 2009.

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

DIEDRICHSEN, J.; HASHAMBHOY, Y.; RANE, T.; SHADMEHR, R. 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.

FIALHO, J.V.A. *A prática constante-aleatória: efeitos da manipulação do aspecto da habilidade e o tipo de perturbação no processo adaptativo em aprendizagem motora*. Dissertação de Mestrado – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, 2007.

FONSECA, F.S. *Os efeitos do nível de estabilização do desempenho na adaptação a perturbações perceptivas imprevisíveis*. Dissertação de Mestrado – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, 2009.

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

GHAHRAMANI, Z.; WOLPERT, D.M. Modular decomposition in visuomotor learning. *Nature*, v.386, p.392-395, 1997.

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.

HALL, K.G.; DOMINGUES, D.A.; CAVAZOS, R. Contextual interference effects with skilled baseball players. *Perceptual and Motor Skills*, v.78, p.835-841, 1994.

HEYES, C.M.; FOSTER, C.L. Motor learning by observation: evidence from a serial reaction time task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v.55A, n.2, p.593-607, 2002.

HENRY; F.M.; ROGERS, D.E. Increased response latency for complicated movements and a “memory drum” theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, v.31, p.448-458, 1960.

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

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

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

KENWARD, B.; NILSSON, D. Catching of balls unexpectedly thrown or fired by cannon. *Perceptual and Motor Skills*, v. 113, n.1, p.171-187, 2011.

KRAKAUER, J.W.; GHILARDI, M-F; GHEZ, C. Independent learning of internal models for kinematic and dynamic control of reaching. *Nature*, v. 2; n.11, 1999.

KRAKAUER, J.W.; PINE, Z.M.; GHILARDI, M-F., GHEZ, C. Learning of visuomotor transformation for vectorial planning of reaching trajectories. *The Journal of Neuroscience*, v.20, n.23, p.8916-8924, 2000.

KRUISSELBRINK, L.D.; GYM, G.H.V. Task characteristics and the contextual interference effect. *Perceptual and motor skills*, v.113, n.1, p.19-37, 2011.

LEE, T.D.; MAGILL, R.A.; WEEKS, D.J. Influence of practice schedule on testing schema theory predictions in adults. *Journal of Motor Behavior*,v.17, p.283-299, 1985.

LEE, T.D; MAGILL, R.A. The locus of contextual interference in motor skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology: learning Memory and Cognition*, v. 9, n. 4, p. 730-746, 1983.

LEE, T.D.; WULF, G.; SCHMIDT, R.A. Contextual interference in motor learning: Dissociated effects due to the nature of task variations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 44A, n. 4, p. 627-44, 1992.

LEITE, C.M.F.;UGRINOWITSCH, H.; CARVALHO, M. F. S. P.; BENDA, R. N. Distribution of practice effects on older and younger adults motor-skill learning ability. *Human Movement*, v.14, p.20-26, 2013.

LEVY, N.; PRESSMAN, A.; MUSSA-IVALDI F.A.; KARNIEL, A.; Adaptation to delayed force perturbations in reaching movements. *Plos One*, v.5, n.8, 2010.

LINTERN G., Distributed practice: are there useful insights for application or theory? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 59, n. 4, p.298–302, 1988.

LOSCHIAVO-ALVARES, F.Q. *Relações entre a adaptação a perturbações previsíveis e imprevisíveis e as funções executivas*. Dissertação de Mestrado – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, 2010.

LOSCHIAVO-ALVARES, F.; LAGE, G.M.; NICOLATO, R.; BENDA, R.N.; UGRINOWITSCH, H. Effects of executive functions on motor adaptation (em análise: *Human Movement Science*).

MAGILL, R.A.; HALL, K.G. A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, v.9, p.241-289, 1990.

MANOEL, E.J.; BASSO, L.; CORREA, U.C.; TANI, G. Modularity and hierarchical organization of action programs in human acquisition of graphic skills. *Neuroscience Letters*, v. 335, p. 83–86, 2002.

McCRACKEN, H.; STELMACH, G. A test of the schema theory of discrete motor learning. *Journal of Motor Behavior*, v.9, p.193–201, 1977.

MEIRA-JÚNIOR, C.M.; TANI, G. Interferência contextual em aprendizagem motora: o paradoxo é uma realidade? In: TANI, G. (Ed.). *Comportamento Motor: aprendizagem e desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.223-234, 2005.

MOXLEY, S. E. Schema: The variability of practice hypothesis. *Journal of Motor Behavior*, v.11, p.65-70, 1979.

NORRIE, R.G.; MAKI, B.E.; STAINES, W.R.; McILROY, W.E.; The time course of attention shifts following perturbation of upright stance. *Experimental Brain Research*, v.146, p.315–321, 2002.

OLIVEIRA, M.A.; CLARK, J.E. Motor behavior as a scientific field: a view from the start of the 21st Century. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, v. 1, p. 1-19, 2006.

RICHTER, S; JANSEN-OSMANN, P.; KONCZAK, J.; KALVERAM, K. 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.

RUSSEL, D.M.; NEWELL, K.M. How persistent and general is the contextual interference effect. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.78, n.4, p. 318-327, 2007.

SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998. 221p.

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

SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, v.82, n.4, 1975.

SCHMIDT, R.A.; NACSON J., Further tests of the activity-set hypothesis for warm-up decrement. *Journal of Experimental Psychology*, v.90, n.1, p.56-64, 1971.

SCHMIDT, R.A; LEE, T. *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Champaign: Human Kinetics. 5ed. 592pp. 2011.

SCOVIL, C.Y.; ZETTEL, J.L.; MAKI, B.E. Stepping to recover balance in complex environments: Is online visual control of the foot motion necessary or sufficient? *Neuroscience Letters*, v.445, p.108–112, 2008.

SHADMEHR, R.; BRASHERS-KRUG, T. Functional stages in the formation of human long-term motor memory. *The Journal of Neuroscience*, v.17, n.1, p. 409-419, 1997.

SHEA, C.H.; KOHL, R.M. Composition of practice: influence on the retention of motor skills. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.62, p.187–195, 1991.

SHEA, C.H.; LAI, Q.; WRIGHT, D.L.; IMMINK, M.; BLACK, C. Consistent and variable practice conditions: effects on relative and absolute timing. *Journal of Motor Behavior*, v. 33, n.2, p.139-152, 2001.

SHEA, J.B.; MORGAN, R.L. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, v.5, n.2, p.179-187, 1979.

SHEA, J.B.; ZIMNY, S.T. Context effects in memory and learning movement information. In: MAGILL, R.A. (Ed.) *Memory and control of action*. Amsterdam: North Holland, 1983. p. 345-366.

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

TANI, G. ; CORRÊA, U.C. ; BENDA, R. N. ; MANOEL, E.J. . O paradigma sistêmico e o estudo do comportamento motor humano. In: TANI, G. (Ed.). *Comportamento Motor: aprendizagem e desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 45-59, 2005.

TEIXEIRA, L.A.; CHUA, R.; NAGELKERKE, P.; FRANKS, I.M. Use of visual information in the correction of interceptive actions. *Experimental Brain Research*, v. 175, p.758–763, 2006.

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

TURNHAM, E.J.A.; BRAUN, D.A.; WOLPERT, D.M. Facilitation of learning induced by both random and gradual visuomotor task variation. *Journal of Neurophysiology*, v.107, p.1111–1122, 2012.

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

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.; MANOEL, E.J. Aprendizagem motora e a estrutura da prática: o papel da interferência contextual. In: TANI, G. (Ed.). *Comportamento Motor: aprendizagem e desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.208-222, 2005.

UGRINOWITSCH, H., SANTOS-NAVES, S. P., CARBINATTO, M. V., BENDA, R. N., TANI, G. Motor skill adaptation depends on the level of learning. *International Journal of Human Social Science*, v.6, p.177-181, 2011.

WERNER, S.; BOCK, O. Effects of variable practice and declarative knowledge on sensorimotor adaptation to rotated visual feedback. *Experimental Brain Research*, v.178, p.554–559, 2007.

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

WRIGHT, D.L.; MAGNUSON, C.E.; BLACK, C.B. Programming and reprogramming sequence timing following high and low contextual interference practice. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.76, n.3, p.258-266, 2005.

ZAGO, M.; BOSCO, G.; MAVEI, V.; IOSA, M.; IVANENKO, Y.P.; LACQUANITI, F. Internal models of target motion: expected dynamics overrides measured kinematics in timing manual interceptions. *Journal of Neurophysiology*, v.91, p.1620–1634, 2004.

ZAGO, M., LACQUANITI, F. Internal model of gravity for hand interception: parametric adaptation to zero-gravity visual targets on Earth. *Journal of Neurophysiology*, v.94, p.1346–1357, 2005.

APÊNDICE: *Warm-updecrement*

Schmidt e Nacson (1971) propuseram que a perda de desempenho de uma sessão de prática para outra, mas que os indivíduos apresentam uma retomada rápida do desempenho após 2 ou 3 execuções da tarefa anteriormente praticada seria decorrente de um desajuste momentâneo, durante o intervalo, de alguns elementos necessários para o bom desempenho como ajuste de posição, nível de ativação, atenção, etc. esse fenômeno foi denominado *warm-up decrement*. Russell e Newell (2007) apresentam o *warm-up decrement* como um fenômeno a ser considerado em testes de aprendizagem, principalmente aqueles feitos com poucas tentativas, como os de retenção, por poder contaminar os dados com algo apenas transitório.

Nesse estudo, foi feita a análise isolada das seis tentativas iniciais da exposição, e os dados são mostrados no GRAF. 7. A ANOVA identificou interação grupo-blocos significativa [$F(6,450) = 6,30$; $p < 0,001$], e o *post-hoc* mostrou que primeira tentativa de retenção no grupo de prática em blocos apresentou valores aumentados de EA em relação a Aq50 ($p < 0,001$), às demais tentativas da retenção ($p < 0,001$) e em relação ao grupo de prática AL ($p < 0,001$). Esse resultado evidencia a presença de *warm-up decrement* em R1, que, por isso, foi eliminada da análise de retenção.

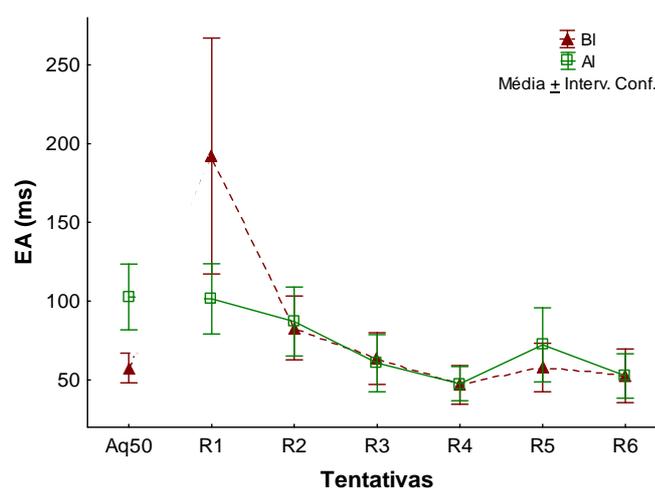


GRÁFICO 7 – *Warm-up decrement*. O gráfico indica o efeito de *warm-up decrement* no grupo de prática em blocos com diferença significativa da primeira tentativa para a última da aquisição ($p < 0,001$), e as demais do mesmo grupo ($p < 0,001$), e para a primeira do grupos de prática aleatória ($p < 0,001$). No grupo de prática aleatória não foram identificadas diferenças.