

Maria Flávia Soares Pinto Carvalho

**EFEITOS DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO DESEMPENHO NO AUMENTO  
DE COMPLEXIDADE NO PROCESSO ADAPTATIVO EM  
APRENDIZAGEM MOTORA**

Belo Horizonte  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG  
2017

Maria Flávia Soares Pinto Carvalho

**EFEITOS DO NÍVEL DE ESTABILIZAÇÃO DO DESEMPENHO NO AUMENTO  
DE COMPLEXIDADE NO PROCESSO ADAPTATIVO EM  
APRENDIZAGEM MOTORA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências do Esporte.

Orientador: Dr. Herbert Ugrinowitsch

Belo Horizonte  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG  
2017

C331e Carvalho, Maria Flávia Soares Pinto  
2017 Efeitos do nível de estabilização do desempenho no aumento de complexidade no Processo Adaptativo em Aprendizagem Motora. [manuscrito] / Maria Flávia Soares Pinto Carvalho – 2017.  
81 f., enc.: il.

Orientador: Herbert Ugrinowitsch

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

Bibliografia: f. 67-70

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

CDU: 796.015

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



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

A Tese intitulada “Efeitos do nível de estabilização do desempenho no aumento de complexidade no processo adaptativo em aprendizagem motora”, de autoria da doutoranda **Maria Flávia Soares Pinto Carvalho**, defendida em 13 de junho de 2017, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:

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

Prof. Dra. Andrea Michele Freudenheim  
Universidade de São Paulo

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

Prof. Dr. Gó Tani  
Universidade de São Paulo

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

Belo Horizonte, 13 de junho de 2017

**Dedico este trabalho aos meu queridos PAIS. Se hoje tenho a oportunidade de defender essa tese, o auxílio dado por vocês foi fundamental desde sempre.**

## AGRADECIMENTOS

Nesse momento de encerramento de, apenas, mais uma importante etapa da minha formação, olho para trás e vejo muitas pessoas que contribuíram para a realização não só deste trabalho, mas na minha formação pessoal. Quero, então, com algumas palavras, expressar minha gratidão a cada uma delas.

À minha mãe, Níbia, companheira, guerreira que comprou comigo todos os meus sonhos, me apoiando incondicionalmente.

Aos meus irmãos, Paula e Rafael. A nossa relação é um exemplo prático da necessidade de mudança de interação entre os componentes para haver ganho em complexidade.

Às minhas tias e primos pelo imenso carinho. Encontrar vocês é um suporte para mim nos momentos difíceis.

À Renata, amiga para sempre.

Ao querido Prof. Herbert, pela orientação desde a graduação, pela paciência e pelos ensinamentos. Você é muito mais que um orientador.

Ao Prof. Rodolfo, meu tio acadêmico, por despertar em mim o interesse pela área de estudo e por fazer, em algumas ocasiões, o papel de pai acadêmico. Muito obrigada pelas conversas.

Ao Prof. Guilherme pelo aprendizado durante as reuniões do grupo. Seus questionamentos, sempre precisos, são essenciais para nosso crescimento como pesquisador.

Aos professores Go Tani e Andrea Freudenheim, por aceitarem compor a banca examinadora deste trabalho e por suas contribuições. É um privilégio contar com a atenção dos Sres para avaliar esse trabalho.

Ao Fabiano, irmão acadêmico que se tornou um amigo. Obrigada por me orientar em meus primeiros passos no grupo, na ausência de nosso pai acadêmico, pelas conversas e pelo apoio sempre.

À Nádia, minha querida amiga. Você é um porto seguro para que eu ganhe forças nos momentos de enfrentar os desafios.

À Thábata, minha irmã querida que sempre tem as palavras exatas para nos encher de coragem. Te admiro muito. Obrigada pelo seu carinho e disponibilidade.

Ao Tércio, um colega que se tornou amigo. Obrigada pela montagem do programa de coleta e programação para extração dos dados.

Ao Arthur e Giovana, meus braços direito e esquerdo na coleta, pelo auxílio na execução da mesma, bem como na organização e análise dos dados. Vocês abraçaram esse trabalho. Obrigada sempre. Valeu equipe Totus Tuus!!!

Ao Brenner por prontamente atender aos meus pedidos para agendamento de voluntários.

À Cíntia, a menina dos olhos, querida por todos. Obrigada pelo auxílio em todos os momentos.

À Crislaine, Lidiane, Cristiane e Natália Ambrósio e Lívia, colegas acadêmicas que se tornaram amigas. Aprendo muito com vocês acadêmica e pessoalmente.

Ao Matheus com quem tanto aprendo. Você vai longe, garoto.

Ao Luciano, pela ajuda em momento crucial desse trabalho e por toda disponibilidade. Espero retribuir um dia de alguma forma.

Aos demais membros do GEDAM que provam a importância de um grupo na realização da ciência.

Aos voluntários dessa pesquisa, por proporcioná-la.

Ao Hamilton, secretário do colegiado de pós-graduação que sempre me atendeu e me esclareceu as dúvidas burocráticas.

Aos brasileiros por financiar minha formação em nível de graduação e pós-graduação em uma instituição pública e de qualidade. A luta por uma educação pública e de qualidade para todos não deve nunca parar. Obrigada.



*"Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já têm a forma do nosso corpo e esquecer os caminhos que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia; e se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos."*

*Fernando Teixeira de Andrade*

## RESUMO

O modelo teórico do Processo Adaptativo compreende a aprendizagem motora como um processo contínuo de mudança em direção a níveis superiores de complexidade. O objetivo do presente estudo foi verificar a influência do nível de estabilização do desempenho no aumento de complexidade no Processo Adaptativo em Aprendizagem Motora. Vinte estudantes universitários ( $24,6 \pm 4.4$  anos), destros e inexperientes na tarefa participaram desse estudo. Eles foram divididos em dois grupos: grupo estabilização (GE) e grupo superestabilização (GS). O experimento foi dividido em três fases: Estabilização 1, Adaptação e Estabilização 2. Todos os participantes praticaram uma tarefa que contém dois componentes, representados pelo controle de dois percentuais da força máxima isométrica dos flexores do cotovelo. Em todas as fases do experimento, as tentativas tinham duração de 3 segundos. Na fase de estabilização, todos os participantes tinham como meta alcançar, na primeira metade de duração da tentativa, 20% sua força máxima e na metade final, 35% da força máxima. Nessa fase, foi adotado o critério de desempenho do estudo para cada grupo. O GE praticou até alcançar 3 tentativas consecutivas com o %RMSE menor ou igual 5,99 no componente 20% e 3,99 no componente 35%, indicado como estabilização do desempenho. O GS praticou até repetir o mesmo critério por seis blocos de três tentativas consecutivas, indicado como superestabilização do desempenho. Vinte e quatro horas após a estabilização 1, foi realizada a fase de adaptação, na qual a perturbação foi manipulada pela mudança no segundo componente, que passou a ser 45% da força máxima. Nesta fase, todos os grupos praticaram até alcançarem o critério de estabilização do desempenho adotado para o estudo. Quarenta e oito horas após a estabilização 1, foi realizada a fase de estabilização 2, na qual foi retirada a perturbação e os dois grupos praticaram até atingirem novamente o critério de estabilização do desempenho. Os resultados mostraram que houve alteração na organização entre os componentes da habilidade da fase de estabilização 1 para a estabilização 2, com o grupo superestabilização apresentando uma força total menor que o grupo estabilização ao final da fase de estabilização 2. Pode-se concluir que alcançar várias vezes a estabilização do desempenho como foi o caso do grupo superestabilização, bem como a passagem pela fase de adaptação representam duas formas do sistema neuromotor adquirir informação e alcançar estados de maior complexidade.

**Palavras-chave:** Níveis de estabilização do desempenho. Complexidade. Processo Adaptativo em Aprendizagem Motora.

## ABSTRACT

The Adaptive Process Model understands motor learning as a continuous process of change toward higher levels of complexity. The purpose of this study was to investigate if the stabilization level of performance and the passage through instability-stability cycles influences the increase of complexity in neuromotor system. Twenty undergraduate students, right-handed and inexperienced in the task participated in this study. Stabilization group (SG) and super stabilization group (SSG). The experiment was divided into three phases: Stabilization 1, Adaptation and Stabilization 2. All the participants performed a task which involves the control of two percent of the maximal isometric force of the elbow flexors. All phases of the experiment lasted 3 seconds. In stabilization phase, all participants had to achieve in the first half of the time of the trial 20% of its maximum isometric force and in the final half 35% of the maximum isometric force. In this phase, the performance criteria were adopted for each group. The SG practiced until achieve three consecutive trials with %RMSE less or equal 5.99 in the 20% component and 3.99 in the 35% component and the GSS practiced until achieve six blocks of three consecutive trials with the %RMSE less than or equal to 5.99 in the component 20 % And 3.99 in component 35%. Twenty-four hours after stabilization 1, an adaptation phase was performed. In this phase, the participants had to control 20% of its maximum isometric force and in the final half 45% of the maximum isometric force. For a completion of this phase, all groups had to performance criteria of three consecutive trials with % RMSE less than or equal to 5.99 in the component 20% and 3.99 in the component 45%. Forty-eight hours after stabilization 1, a stabilization phase 2 was performed. In this phase, participants had to achieve to the same percentages practiced and performance criteria adopted in stabilization 1 phase. The results showed that there was a change in the organization of the components of the skill from the stabilization phase 1 to the stabilization 2, with the super stabilization group presenting a lower total force than the stabilization group at the end of the stabilization phase 2. It can be concluded that the Achieving several times the stabilization of performance as was the case of the superstabilization group, as well as passage through the adaptation phase represent two ways of the neuromotor system to acquire information and reach states of greater complexity.

**Keywords:** Level of stabilization of performance. Complexity. Adaptive Process in Motor Learning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- FIGURA ESQUEMÁTICA DO MODELO DO PROCESSO ADAPTATIVO EM APRENDIZAGEM MOTORA.....	22
FIGURA 2 - SISTEMA UTILIZADO PARA COLETA DE DADOS .....	32
GRÁFICO 1 – NÚMERO DE TENTATIVAS DOS GRUPOS SUPERESTABILIZAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO NAS FASES DE ESTABILIZAÇÃO 1, ADAPTAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO 2.....	37
GRÁFICO 2 – MÉDIA DO RMSE (%) DO COMPONENTE 1 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 1. ....	38
GRÁFICO 3 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO RMSE (%) DO COMPONENTE 1 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 1. ....	39
GRÁFICO 4 – MÉDIA DO RMSE (%) NO COMPONENTE 2 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 1. ....	40
GRÁFICO 5 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO RMSE (%) NO COMPONENTE 2 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 1. ....	41
GRÁFICO 6 – MÉDIA DO RMSE (%) NO COMPONENTE 1 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ADAPTAÇÃO. ....	41
GRÁFICO 7 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO RMSE (%) NO COMPONENTE 1 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ADAPTAÇÃO. ....	42
GRÁFICO 8 – MÉDIA DO RMSE (%) NO COMPONENTE 2 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ADAPTAÇÃO. ....	43
GRÁFICO 9 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO RMSE (%) NO COMPONENTE 2 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ADAPTAÇÃO. ....	43
GRÁFICO 10 – MÉDIA DO RMSE (%) NO COMPONENTE 1 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 2. ....	44
GRÁFICO 11 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO RMSE (%) NO COMPONENTE 1 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 2.....	45
GRÁFICO 12 – MÉDIA DO RMSE (%) DO COMPONENTE 2 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA NA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 2. ....	45
GRÁFICO 13 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO RMSE (%) DO COMPONENTE 2 DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA NA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 2.....	46
GRÁFICO 14 – MÉDIA DO RMSE (%) DAS ÚLTIMAS TENTATIVAS NAS FASES DE ESTABILIZAÇÃO 1, ADAPTAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO 2, DOS COMPONENTES 1 E 2. ....	47
GRÁFICO 15 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO RMSE (%) DAS ÚLTIMAS TENTATIVAS NA FASES DE ESTABILIZAÇÃO 1, ADAPTAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO 2, DOS COMPONENTES 1 E 2.....	48
GRÁFICO 16 – MÉDIA DO IMPULSO TOTAL DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 1. ....	49

GRÁFICO 17 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO IMPULSO TOTAL NA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA NA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 1. ....	50
GRÁFICO 18 - MÉDIA DO IMPULSO TOTAL DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ADAPTAÇÃO. ....	51
GRÁFICO 19 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO IMPULSO TOTAL NA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA NA FASE DE ADAPTAÇÃO. ....	52
GRÁFICO 20 - MÉDIA DO IMPULSO TOTAL DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 2. ....	52
GRÁFICO 21 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO IMPULSO TOTAL DA PRIMEIRA E ÚLTIMA TENTATIVA DA FASE DE ESTABILIZAÇÃO 2. ....	53
GRÁFICO 22 - MÉDIA DO IMPULSO TOTAL DAS ÚLTIMAS TENTATIVAS NAS FASES DE ESTABILIZAÇÃO 1, ADAPTAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO 2. ....	54
GRÁFICO 23 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO IMPULSO TOTAL DAS ÚLTIMAS TENTATIVAS NAS FASES DE ESTABILIZAÇÃO 1, ADAPTAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO 2. ....	55
GRÁFICO 24 – MÉDIA DO IMPULSO RELATIVO DOS DOIS COMPONENTES, AO FINAL DE CADA FASE. ....	56
GRÁFICO 25 – MÉDIA DO IMPULSO RELATIVO DOS DOIS COMPONENTES, AO FINAL DE CADA FASE. ....	57
GRÁFICO 26 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO IMPULSO RELATIVO DOS DOIS COMPONENTES, AO FINAL DE CADA FASE. ....	58
GRÁFICO 27 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO IMPULSO RELATIVO DOS DOIS COMPONENTES, AO FINAL DE CADA FASE. ....	58

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1 O PROCESSO ADAPTATIVO EM APRENDIZAGEM MOTORA.....	16
2.2 NÍVEIS DE ESTABILIZAÇÃO E PROCESSO ADAPTATIVO .....	23
2.3 CICLOS DE INSTABILIDADE ESTABILIDADE EM DIREÇÃO A NÍVEIS CRESCENTES DE COMPLEXIDADE.....	26
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
3.1 OBJETIVO GERAL.....	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
<b>4 HIPÓTESES.....</b>	<b>30</b>
<b>5 MÉTODO .....</b>	<b>31</b>
5.1 CUIDADOS ÉTICOS .....	31
5.2 AMOSTRA.....	31
5.3 INSTRUMENTO E TAREFA .....	31
5.4 PROCEDIMENTOS.....	32
5.5 DELINEAMENTO .....	33
5.6 VARIÁVEIS DEPENDENTES .....	35
5.7 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS .....	36
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
<b>7 DISCUSSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As habilidades motoras são consideradas essenciais no cotidiano dos seres humanos por serem os meios pelos quais os indivíduos interagem com o ambiente (CORRÊA, 2001). Esta interação permitiu que os seres humanos evoluíssem até a condição atual, pois suas ações são direcionadas a metas ambientais, que solucionaram problemas do dia a dia. Quando existe uma meta a ser atingida nesse ambiente, o indivíduo utiliza alguma habilidade motora para atingir tal fim. O sucesso no alcance da meta vai depender do nível de proficiência motora do sujeito, que muda de um comportamento marcado por inconsistência e erros para um comportamento consistente e com poucos erros (FITTS; POSNER, 1967, TANI, 2000; 2016).

Este processo de mudança depende da prática, a qual nem sempre acontece em um ambiente estável. As mudanças no ambiente que podem ocorrer durante a execução de uma habilidade motora podem ser consideradas perturbações para o praticante, o qual precisa ter a capacidade de modificar o que foi aprendido para se adaptar. Ou seja, a capacidade de adaptação depende do nível de estabilização prévio à perturbação (UGRINOWITSCH *et al.*, 2014; UGRINOWITSCH *et al.*, 2016), e se repete por quantas vezes acontecerem as perturbações e adaptações, o que permite entender a aprendizagem como um processo adaptativo (TANI, 2005; 2016).

O processo de aprendizagem é dividido em fase de Estabilização e de Adaptação. A estabilização é fase em que, por meio de prática e *feedback*, acontece a estabilização da função motora, na qual os movimentos tornam-se mais precisos e padronizados. O alcance desse tipo de comportamento permite a afirmação de que o sistema neuromotor se encontra em um estado estável (TANI, 1995).

A fase de adaptação refere-se à adaptação da habilidade adquirida na fase anterior, quando deve lidar com as perturbações e se adaptar. Dependendo do tipo e magnitude da perturbação, para viabilizar a ocorrência da adaptação, é necessário que haja quebra da estabilidade funcional anteriormente adquirida. Essa afirmação encontra respaldo em estudos que demonstraram o desempenho se tornando preciso e consistente ao longo da fase de adaptação (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH *et al.*, 2008), quando é possível falar de aumento de complexidade (TANI, 2005; 2016) no sistema neuromotor.

Um pré-requisito para a adaptação é o alcance da estabilização do desempenho (TANI, 1995; BENDA, 2001; UGRINOWITSCH, 2003), sendo que a prática além da estabilização do desempenho facilita ainda mais a adaptação (UGRINOWITSCH *et al.*, 2014; UGRINOWITSCH *et al.*, 2016). A adaptação e, conseqüentemente, o aumento de complexidade, tem sido inferida na medida de macroestrutura da habilidade (CORRÊA *et al.*, 2010; DE PAULA PINHEIRO *et al.*, 2015) ou do Programa de Ação Organizado Hierarquicamente (PAOH) (UGRINOWITSCH *et al.*, 2008; CORRÊA *et al.*, 2015). Quando ocorrem mudanças na relação dos componentes, é assumido que uma nova organização emergiu e houve um aumento de complexidade.

Duas questões merecem atenção neste ponto: uma relacionada ao design dos experimentos e a segunda em relação à medida de complexidade. O design dos trabalhos cujo objetivo foi testar o processo adaptativo, o tem feito com uma fase de estabilização e uma de adaptação (BENDA *et al.*, 2000; CORRÊA *et al.*, 2010; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011). Neste caso, a nova organização dos componentes pode ser devida à restrição imposta pela perturbação. Um design experimental que, após a adaptação, retorne às condições da primeira fase (seria uma segunda fase de estabilização), e ainda mantenha a mudança na relação dos componentes, tem mais suporte para falar sobre aumento de complexidade, sem influência da restrição (i.e., perturbação) imposta durante a fase de adaptação. Cattuzzo (2007) e Ugrinowitsch *et al.* (2008) testaram este delineamento, e encontraram inferências que o nível de estabilização da primeira fase influencia a adaptação e também que há aumento de complexidade, observado na nova organização dos componentes. Estes resultados levam ao segundo ponto, a medida de complexidade. As inferências sobre o aumento de complexidade não possuem uma medida específica para este aumento, que é inferido pela mudança na organização. A busca de uma medida específica de complexidade pode dar mais suporte ao modelo, à medida que mais um dos seus pressupostos pode ser testado e ter suporte empírico. Investigar o aumento de complexidade a partir de níveis distintos de estabilização do desempenho é o objetivo do presente estudo.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O Processo Adaptativo em Aprendizagem Motora

A aquisição de uma habilidade motora é um processo dinâmico e complexo (TANI, 2000). Dinâmico, pois é um processo contínuo de mudança para estados de maior competência e complexo, pois elementos que fazem parte desse processo estão em interação. Um modelo de Aprendizagem Motora que abrange estas características é denominado Processo Adaptativo (TANI, 2005; TANI *et al.*, 2014). Esse modelo descreve o processo de aprendizagem em duas fases, as quais seguem uma ordem hierárquica, a estabilização e a adaptação. A fase de estabilização diz respeito à estabilização funcional (TANI, 2005). No início da prática de uma habilidade motora, características como imprecisão, inconsistência e instabilidade são observadas, tanto no resultado da ação, como na organização dos seus componentes, resultantes da ausência de padrão na interação entre os elementos constituintes da habilidade (TANI, 2005). Com a continuidade da prática e *feedback* negativo, os movimentos imprecisos e instáveis tornam-se, gradativamente, precisos e estáveis, como consequência da padronização da interação dos elementos da habilidade (BENDA, 2001; TANI, 2005; UGRINOWITSCH, 2003).

A prática é um processo que leva a organização do plano de ação. No entanto, entre o envio do comando motor e a realização da ação, pode haver discrepâncias em relação à meta da tarefa, o que inviabiliza o seu alcance. O *feedback* negativo é um mecanismo diminuidor de discrepâncias (WEINER, 1948), e é utilizado justamente para diminuir as discrepâncias entre o planejado e o executado (TANI, 1989) quando o sistema neuromotor busca a estabilidade. Sem ele, as diferenças entre o planejado e o executado não diminuiriam; conseqüentemente, a estabilidade não seria alcançada e a incerteza e imprecisão do desempenho se manteriam. Nesse processo de mudança, quando há a consolidação de um conjunto de soluções adequadas para a tarefa, desempenhos precisos são realizados sucessivas vezes (CORRÊA, 2001; TANI, 1995). Nos estudos, é possível observar que no início da fase de estabilização, a relação entre os componentes da habilidade apresenta maior variabilidade, o desempenho é impreciso e inconsistente (UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Na medida em que a prática prossegue, os componentes apresentam uma interação padronizada, e o desempenho se torna mais preciso e menos variável. Essas mudanças refletem que o desempenho se tornou estável e são graficamente visualizadas por quedas significativas nas curvas de erro, os quais

alcançam níveis previamente aceitáveis, com diminuição dos níveis de variabilidade (UGRINOWITSCH *et al.*, 2014).

Contudo, apesar da estabilidade do desempenho refletir o estado de organização do sistema, este estado é provisório (CORRÊA, 2001). Isso porque os seres humanos são sistemas que estão em constante interação com o meio, em um processo de troca de informações (BERTALANFFY, 1997). Nessa interação, os indivíduos têm a estabilidade frequentemente desafiada, pois precisam lidar com inúmeras variações e instabilidades do seu próprio sistema (Possibilidade de comandos motores sofrerem modificações por influência das informações sensoriais do movimento em execução antes que sejam transformados em padrões de movimento, bem como característica não linear dos músculos que implica a produção de diferentes forças dependendo das condições iniciais) (BERNSTEIN, 1967), bem como do ambiente ou da tarefa, as quais são denominadas perturbações (BENDA, 2006; UGRINOWITSCH *et al.*, 2016; TANI, 2005). Perturbação é conceituada como algo que tira a estabilidade do sistema, que o modifica, que causa mudança (DORON; PAROT, 1998), sendo observada à posteriori, pois ela depende no nível de estabilidade existente (UGRINOWITSCH *et al.*, 2016).

As perturbações do ambiente ou da tarefa são aquelas extrínsecas ao indivíduo, provenientes de mudanças do ambiente onde a tarefa é realizada ou de mudanças nas características da tarefa, respectivamente. As perturbações do indivíduo podem ser provenientes de ruído do próprio sistema neuromotor ou de um mecanismo interno de ampliação do desvio (MARUYAMA, 1963), e o afasta do seu estado estável. Neste caso, é esperado que a variabilidade aumente. A observação do aumento da variabilidade do comportamento, com a continuidade da prática, após o alcance da estabilização do desempenho (BENDA *et al.*, 2000; TANI, 2000), pode ser um exemplo típico do próprio sistema tirando-o do estado estável. As explicações dadas para esse aumento da variabilidade, após o alcance da estabilização são o comportamento exploratório, no qual o indivíduo busca outras soluções para a execução da tarefa, sem perder o comprometimento com a meta, o *playful behavior*, no qual a busca por outras soluções é feita, mas o comprometimento com a meta é perdido, bem como a equifinalidade que é a possibilidade de atingir um objetivo final (e.g. utilizando diferentes movimentos) (BENDA, 2001). Mas esta alta variabilidade no comportamento, quando a prática continua após a estabilização do desempenho, auxilia na adaptação

(BENDA, 2001; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014; CORRÊA *et al.*, 2015) e é considerada como fonte que auxilia no alcance de estados mais complexos (BENDA, 2001; TANI, 2000).

Após atingir a estabilização do desempenho, quando é necessário enfrentar uma perturbação, espera-se que ocorra a adaptação. Adaptação é conceituada como ajustes do organismo em respostas às perturbações do ambiente ou do próprio sistema de forma a permiti-lo agir de forma eficaz, ou seja, alcançar a meta da tarefa (TANI, 1992; BENDA, 2001). O pré-requisito para a adaptação é a quebra da estabilidade funcional, adquirida previamente durante a estabilização do desempenho, e que requer o alcance de nova estabilização (BENDA *et al.*, 2005). Como a adaptação depende da perturbação, há uma relação entre o tipo de perturbação, a estabilidade existente e a adaptação (TANI, 1995; 2005; UGRINOWITSCH; TANI, 2005). Quando a perturbação é pequena em relação aos recursos existentes na estrutura de controle formada durante a fase de estabilização, a adaptação ocorre via modificação dos parâmetros desta estrutura de controle existente (i.e., microestrutura) e a meta da tarefa é atingida. Neste caso, a adaptação é denominada paramétrica.

Entretanto, algumas vezes, a perturbação vai além da competência da estrutura de controle. Neste caso, para dar conta dessa perturbação e se adaptar, é necessário que a macroestrutura seja modificada (TANI, 1995; UGRINOWITSCH, 2003). Estas adaptações podem ocorrer pela reorganização da estrutura da habilidade adquirida na fase de estabilização e é denominada adaptação estrutural. Existe ainda um terceiro tipo de adaptação, na qual emerge uma nova estrutura que é diferente da anterior, denominada adaptação auto-organizacional. Este último tipo de adaptação ainda é difícil de ser testado e não será objeto de investigação deste estudo.

A adaptação estrutural reflete em nova organização entre os elementos que compõem a habilidade, em um nível superior de complexidade (TANI, 2005; TANI *et al.*, 2014). Este pressuposto já foi testado em estudos anteriores, que mostraram alterações na estrutura de controle da habilidade, observadas na interação entre os seus componentes, em relação à fase de estabilização, para lidar com a perturbação e viabilizar a adaptação, corroborando o referencial teórico proposto (FONSECA *et al.*, 2012; CORREA *et al.*, 2015; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014).

A estrutura de controle da habilidade é o Programa de Ação Organizado Hierarquicamente (PAOH) (TANI, 2005; CORREA *et al.*, 2014). O PAOH (Fig.1) é uma única estrutura com dois níveis de organização, denominados macro e microestrutura. A microestrutura é representada pelos componentes da ação, os quais possuem relativa liberdade de ação, o que proporciona a apresentação de um comportamento variável do PAOH, pelo número de alternativas disponível em relação a cada componente (TANI, 2005). Essa variabilidade em nível de microestrutura é benéfica, principalmente para lidar com as perturbações (TANI, 2005). Já a macroestrutura é representada pela interação dos componentes da ação, emergindo um padrão de interação entre os mesmos. Esse padrão restringe as possibilidades de interação dos componentes, o que garante a consistência e a padronização da habilidade (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH *et al.*, 2005). Resumindo, os componentes da microestrutura interagem e desta interação emerge um padrão macroscópico, o qual restringe as possibilidades de interação dos componentes. Uma restrição imposta pela macroestrutura não estabelece como um componente deve agir, mas define o que não pode ser feito e garante uma ampla gama de alternativas para cada componente (CORRÊA *et al.*, 2015).

Em suma, a macroestrutura está relacionada ao padrão básico das habilidades e corresponde aos aspectos que permanecem relativamente invariantes durante a sua execução e, conseqüentemente, dão identidade à mesma (TANI, 2005). A macroestrutura tem sido associada a medidas tais como sequenciamento, tempo relativo de pausa, *timing* relativo e força relativa (CORRÊA *et al.*, 2015; FREUDENHEIM *et al.*, 1999; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Já a microestrutura está relacionada à variação da habilidade, visando ao atendimento das demandas ambientais sem, no entanto, perder a identidade do padrão dessa habilidade, correspondendo aos aspectos paramétricos da habilidade (TANI, 2005). O comportamento da microestrutura tem sido associado a medidas tais como tamanho total, tempo total de movimento, tempo total de pausa e força absoluta (CORRÊA *et al.*, 2015; FREUDENHEIM *et al.*, 1999; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014).

Ao analisar o processo de aprendizagem, no início da fase de estabilização, a macroestrutura é inconsistente e mal definida em termos de organização (De PAULA PINHEIRO *et al.*, 2015). Como consequência, são esperados excessivos graus de liberdade no comportamento de cada componente e falta de padrão na interação entre os mesmos, caracterizando um estado de desorganização, tanto em nível de macroestrutura, quanto em nível de microestrutura (TANI, 2005). A disponibilidade de alternativas, na microestrutura, no início

dessa fase, representa alto número de graus de liberdade entre os componentes, o qual implica em inconsistência que deve ser diminuída para se alcançar a meta da tarefa (TANI, 2005). Essas múltiplas alternativas nos dois níveis da estrutura impedem a padronização da interação entre os componentes e, conseqüentemente, a emergência da macroestrutura. Estudos têm mostrado que, no início da fase de estabilização, a relação entre os componentes da ação é inconsistente (desvio padrão mais alto na medida de tempo relativo), representando ausência de um padrão da habilidade (UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Contudo, mediante prática e *feedback*, ocorre uma diminuição das possibilidades de interação dos componentes da microestrutura, e aumento na consistência da relação entre esses componentes, o que permite inferir a emergência da macroestrutura durante o processo de aprendizagem, como foi observado por Ugrinowitsch *et al.* (2014) e Corrêa *et al.* (2015). No entanto, as possibilidades de ação de cada componente não se encontram totalmente rígidas, pois os componentes devem apresentar certo grau de liberdade para que possibilite a adaptação perante perturbações (TANI, 2005). Um resultado interessante é o aumento da variabilidade da microestrutura ao final da fase de estabilização que alguns estudos têm demonstrado (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Este resultado é observado quando a fase de estabilização é estendida para além do necessário para estabilizar o desempenho.

O aumento da variabilidade da microestrutura tem confirmado que a mesma pode ter um papel funcional (BENDA, *et al.*, 2005; TANI, 2000, 2005; TANI *et al.*, 2014), pois ela auxilia no momento de lidar com as perturbações, já que grupos com desempenho mais variável, ao final da fase de estabilização, apresentaram um desempenho mais consistente quando foi necessário se adaptar (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Esses resultados dão suporte à estruturação do PAOH, no qual coexistem duas características que se esperam de uma ação habilidosa: a consistência e variabilidade. A consistência em nível da macroestrutura permite a execução da habilidade com confiabilidade (TANI, 2005), observada na diminuição da variabilidade durante a fase de estabilização (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Entretanto, a variabilidade da macroestrutura, quando a prática vai além da estabilização do desempenho, também tem mostrado que tem relação com a adaptação (UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Ou seja, a variabilidade em nível da macroestrutura pode ser benéfica para uma nova organização dos componentes, desde que esta variabilidade esteja presente após a estabilização do desempenho. Estes últimos resultados fornecem indícios de que a variabilidade da macroestrutura também pode aumentar após estabilizar o desempenho, mas esta variabilidade

tem relação com a capacidade de adaptação. Já a variabilidade em nível da microestrutura é importante para fazer frente às situações de perturbação, pois a própria variação existente entre os componentes da habilidade pode ser capaz de lidar com as novas condições impostas pela perturbação e viabilizar a adaptação (TANI, 2005).

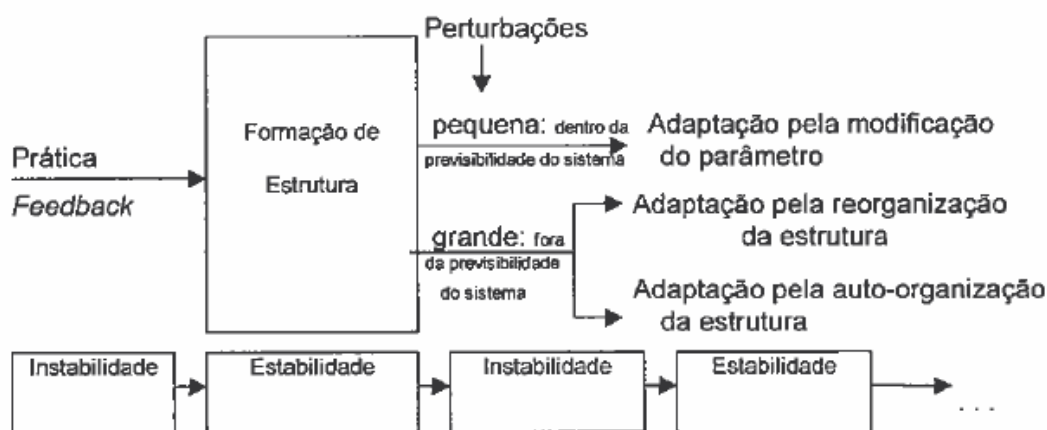
Em síntese, ao iniciar a prática existe inconsistência e instabilidade no desempenho, resultante da falta de padronização na interação entre os elementos constituintes da habilidade. Com a prática e *feedback*, o desempenho se torna estável, consequência da formação da macroestrutura de controle da habilidade (PAOH), o que gera estabilidade no desempenho. Posteriormente, se uma perturbação é inserida, o desempenho se torna instável novamente. Prosseguindo a prática, há a reorganização da interação entre os elementos da habilidade, que se padroniza novamente viabilizando a adaptação às perturbações.

Este processo de reorganização da estrutura da habilidade se repete a cada vez que é necessário enfrentar uma perturbação, e leva a um aumento de complexidade da habilidade praticada, sendo denominado processo adaptativo em aprendizagem motora, e é caracterizado por ciclos de Instabilidade-Estabilidade-Instabilidade... (TANI, 2005). Ao enfrentar a perturbação que vai além da capacidade de adaptação existente, é necessário que a estrutura de controle da habilidade previamente formada se modifique para que seja possível atingir a meta (i.e., adaptar-se) para viabilizar a adaptação. Quando ocorre a adaptação, há ganhos em complexidade, pois existe um novo estado estável no sistema neuromotor, com uma nova organização, sem, no entanto, perder as suas características e competências anteriores (TANI, 1992; TANI, 2005; TANI *et al.*, 2014). Esta reorganização poderia ser devido ao aumento de informação resultante da perturbação, a qual poderia ter como consequência o aumento das possibilidades de interação entre os componentes.

A complexidade pode ser entendida como resultado de padrões de interação entre elementos de um sistema. Em sistemas complexos, tais como os sistemas neuromotores, esses padrões de interação mudam com o tempo (WADDINGTON, 1979). Um sistema complexo muda com o tempo. Dependendo de como ocorre a adaptação do sistema, há uma mudança no seu comportamento devido a alterações nas interações entre seus elementos (HOLLAND, 1995). O ganho em complexidade, nesse caso, está no fato de haver uma nova forma de interação entre os elementos, diferente do que foi adquirida durante a fase de estabilização.

A reorganização dos componentes foi observada no trabalho de Ugrinowitsch (2003), no qual utilizando uma tarefa seriada sequencial composta por cinco componentes, foi observada alteração no tempo relativo de dois componentes para atingir a meta da tarefa. Então, pode-se afirmar que à medida que o indivíduo vai lidando com as perturbações e se adaptando estruturalmente a elas, a estrutura de controle da habilidade se torna mais complexo, pois é da adaptação que resulta a complexidade de um sistema (HOLLAND, 1997; TANI, 2005).

FIGURA 1 - Modelo do Processo Adaptativo em Aprendizagem Motora



**FIGURA 1.** Figura esquemática do modelo do Processo Adaptativo em Aprendizagem Motora (TANI, 2005), demonstrando a aprendizagem como um processo dinâmico que passa por ciclos de Instabilidade e Estabilidade, mas também adaptativo, pois a estrutura formada se reorganiza e adquire novas competências com o aumento da sua complexidade.

O Processo Adaptativo tem sido testado de algumas formas, sendo uma delas quando perturbar. Ou seja, testar qual a competência que o sistema deve apresentar a fim de que a perturbação gere mudanças para alcance de níveis superiores de complexidade (TANI, 2005).

Nesse ponto, é importante destacar que o sistema não depende apenas da perturbação para se adaptar e ganhar em complexidade. O sistema, para reorganizar a interação entre seus elementos e ganhar em complexidade, precisa se encontrar em certo nível de organização. Na teoria do caos, sistemas dinâmicos, tais como os sistemas neuromotores, alternam-se entre estados fixo, periódico, caótico e a classe quatro, intermediária entre o período caótico e o periódico (LEWIN, 1994). O estado intermediário é considerado o limite do caos, ou ponto crítico (GLEICK, 1987; LEWIN, 1994). O sistema nesse estado intermediário apresenta-se desordenado, porém apresenta um certo tipo de ordem simultaneamente (BENDA, 2001). O

limite do caos opera entre a ordem e a aleatoriedade. Após a passagem por esse estado intermediário, o sistema inicia um novo modo de interação entre os seus elementos constituintes. Essa nova forma de interação significa ganho em complexidade.

## **2.2 Níveis de estabilização e Processo Adaptativo**

Um pré-requisito para a adaptação é que a habilidade praticada tenha sido adquirida (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH; TANI, 2004), pois a prática insuficiente para o alcance da estabilização do desempenho inviabiliza a ocorrência da adaptação (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011, 2014). Quando se alcança a estabilização do desempenho antes de inserir a perturbação, é possível que a adaptação ocorra, mas ainda depende da magnitude da perturbação (UGRINOWITSCH, 2003). Quando a prática da habilidade vai além da estabilização a adaptação é mais fácil, independente do tipo de perturbação, ou seja, quando a prática se estende para além da estabilização o desempenho frente às perturbações é melhor do que quando a prática se dá até a estabilização (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH *et al.*, 2008). Além disso, com a prática além da estabilização do desempenho a adaptação acontece com um menor número de mudanças na estrutura da habilidade (FONSECA *et al.*, 2012; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014).

A testagem experimental dos efeitos de diferentes níveis de estabilização na adaptação tem sido feita pela inferência da estabilização do desempenho através de critérios de desempenho. Os critérios de desempenho têm sido estabelecidos através de um determinado número de tentativas consideradas corretas executadas consecutivamente (UGRINOWITSCH, 2003; FONSECA, 2009). Normalmente este critério é estabelecido através de estudo piloto, e parece ser específico para diferentes tipos de tarefas (SANTOS, 2015). Quando este critério é cumprido, assume-se que o desempenho estabilizou. Se a prática se estende para além da estabilização, assume-se o alcance da superestabilização. Tais critérios são utilizados para inferir o momento de estabilização do desempenho, e ainda, diferenciar níveis de estabilização do desempenho (FIALHO, 2007; FONSECA *et al.*, 2012; UGRINOWITSCH *et al.*, 2014). Três níveis de estabilização do desempenho têm sido investigados (BENDA, 2001; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; 2014): 1) pré-estabilização, definido através de quantidade de prática insuficiente para cumprir um critério de desempenho; 2) estabilização, quando a quantidade de prática é suficiente para cumprir o critério de desempenho, possibilitando o



alcance da estabilização do desempenho; 3) superestabilização, quando a quantidade de prática se estende além da estabilização do desempenho e o critério de desempenho é cumprido por várias vezes.

Os primeiros estudos que manipularam estes níveis de estabilização foi o de Benda *et al.*, (2000), Benda (2001) e Tani (1995). Nestes estudos foram comparados os níveis de pré-estabilização, estabilização e super-estabilização durante a fase de aprendizagem e, posteriormente, verificado os efeitos na adaptação. A manipulação destes três níveis foi através da quantidade de prática, a qual era a mesma para todos os participantes de cada nível manipulado. No geral não foram encontradas diferenças na adaptação. Ao utilizar número fixo de tentativas no delineamento, as diferenças individuais não são levadas em consideração para inferir o alcance da estabilização do desempenho, pois parte-se do princípio que todos os sujeitos estabilizam seu desempenho com a mesma quantidade de prática. Com a adoção desse método, é possível que em um mesmo grupo existam participantes em diferentes estados de organização, após a passagem pela fase de estabilização. Tais estados de organização diferenciados podem ter consequências nos resultados dos estudos como os encontrados por Tani (1995), no qual os participantes apresentaram um alto desvio padrão nas medidas relacionadas ao desempenho tanto ao final da fase de estabilização, quanto na fase de adaptação. De fato, Benda (2001) aponta que os participantes apresentavam um aumento de variabilidade em diferentes momentos da primeira fase. A explicação foi que a tarefa representou diferentes níveis de dificuldade de acordo com as condições individuais de cada participante.

A partir dos níveis de estabilização estabelecidos por Benda *et al.*, (2000) e Benda (2001), e com base nos resultados supracitados, Ugrinowitsch (2003) estabeleceu critérios operacionais específicos para cada nível de estabilização. Essa operacionalização viabiliza que os sujeitos atinjam o mesmo nível de desempenho, independente do número de tentativas praticadas, dependendo do tipo de tarefa a ser aprendida (SANTOS, 2015). Conseqüentemente, todos os indivíduos de um mesmo grupo alcançam níveis semelhantes de aprendizagem, estando em um mesmo estado de organização (TANI, 1995; UGRINOWITSCH *et al.*, 2010).

Dos estudos que manipularam estes níveis de estabilização, atingir a superestabilização do desempenho tem levado à melhores resultados para a adaptação (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; 2014; FONSECA *et al.*, 2012; COUTO, 2012). Duas explicações têm sido utilizadas

para estes resultados. A primeira é que ao atingir o nível de superestabilização, os sujeitos adquirem mais informações e a estrutura de controle é mais flexível, o que permite ter um menor número de mudanças na organização dos componentes para adaptar (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; COUTO, 2012). A segunda é que a prática além da estabilização aumenta a variabilidade que foi diminuída até a estabilização do desempenho (TANI, 2000; BENDA, 2001, UGRINOWITSCH *et al.*, 2014) que, nesse caso, parece estar relacionada à flexibilidade que permite adaptação às perturbações (MANOEL; CONNOLLY, 1997; TANI, 2000; MANOEL *et al.*, 2002), diferenciando-se da variabilidade relacionada ao erro encontrada nos estágios iniciais de aprendizagem.

Uma explicação para esse fenômeno tem sido proposta por Tani (2000) e Benda (2001). Para estes autores, o bom desempenho do grupo superestabilização perante as perturbações é resultante de uma capacidade reserva adquirida pela passagem por diversos ciclos de estabilização do desempenho (TANI, 2000). Com um significado similar, Latash (1999) utilizou o termo abundância, como uma quantidade de informação além da necessária ou de sobra. Então uma provável abundância de informação que o sistema adquiriu pela passagem por vários ciclos de estabilização no processo de atingir a superestabilização do desempenho, ou ainda a capacidade de utilizar a informação já existente de diferentes formas, permitiu que houvesse um aumento da complexidade na habilidade praticada. Esta pode ser uma das explicações para um melhor desempenho na fase de adaptação.

A reserva de capacidade ou abundância presente quando a prática vai além da estabilização do desempenho pode ser adquirida pela passagem por diversos momentos de estabilidade, já que o grupo superestabilização teve que atingir o mesmo desempenho do grupo estabilização diversas vezes (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; SANTOS, 2015). Como os sujeitos podem apresentar momentos de maior variabilidade intercalados com os momentos que atingem o desempenho critério, esta variabilidade poderia ser considerada como perturbações impostas pelo próprio sistema neuromotor, durante a fase estabilização, e também ser uma fonte para alcance de estados de maior complexidade. Apesar dos avanços teóricos obtidos nos estudos supracitados, uma questão que não foi investigada está relacionada ao aumento de complexidade na habilidade praticada. Existem ainda questões relacionadas ao delineamento que podem fornecer suporte adicional à questão do aumento de complexidade e de medidas mais específicas. Estas questões serão abordadas no próximo tópico.

### 2.3 Ciclos de instabilidade estabilidade em direção a níveis crescentes de complexidade

Os estudos de processo adaptativo tiveram delineamento com duas fases: uma de estabilização para a aprendizagem da habilidade e formação da sua estrutura de controle e, posteriormente, uma fase de adaptação para identificar mudanças no comportamento e no controle da habilidade (BENDA *et al.*, 2001; CORRÊA *et al.*, 2010; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; CORRÊA *et al.*, 2015; PINHEIRO *et al.*, 2015). Estes estudos verificaram alterações na relação temporal dos componentes da habilidade durante a adaptação, o que é um indicativo de aumento de complexidade. Contudo, um delineamento com estabilização 1, adaptação e que retorna à condição praticada durante a estabilização 1 (i.e., estabilização 2) pode auxiliar a entender o efeito da adaptação na organização da estrutura de controle, já que é possível comparar a sua organização em duas situações idênticas, mas em momentos distintos. Mais especificamente, se a organização da estrutura de controle da habilidade for diferente da estabilização 1 para a estabilização 2, é possível afirmar que a mudança ocorrida não é consequência da restrição imposta pela perturbação inserida, mas que é uma mudança da estrutura de controle.

Os estudos que tiveram em seu delineamento uma fase de estabilização 1, adaptação e estabilização 2, idêntica à estabilização 1, têm mostrado que, a cada ciclo de estabilidade, o sistema neuromotor tem uma nova organização dos componentes (CATTUZZO, 2007; UGRINOWITSCH *et al.*, 2008). Mais especificamente, estes estudos têm uma primeira fase de estabilização, na qual o comportamento, que era inicialmente instável, se torna estável. Neste momento infere-se que um PAOH foi formado, e as medidas indicam que a variabilidade do tempo relativo diminuiu, ao longo da fase, o que indica padronização. Posteriormente, com a inserção da perturbação inicia-se a fase de adaptação. Ao longo desta fase, uma nova organização da estrutura de controle é observada, e o desempenho se torna estável novamente. Neste momento, a perturbação é retirada e inicia uma nova fase de estabilização, nas mesmas condições da primeira. Os resultados mostram que a estrutura de controle da segunda estabilização é diferente da primeira. Tal resultado tem sido utilizado para inferir aumento de complexidade.

A inferência sobre o aumento de complexidade resultante da passagem por ciclos de estabilidade foi realizada através de medidas relacionadas ao resultado da ação e de programação motora. Cattuzzo (2007) analisou o resultado da ação como o aumento de

respostas antecipatórias e diminuição de respostas omissas, em uma tarefa seriada de rastreamento, partindo do pressuposto que, quando acontece a antecipação, é possível inferir que já existe informação adicional disponível no sistema, além daquela necessária, para a realização da tarefa. Ugrinowitsch *et al.* (2008) utilizaram medidas de programação, como alteração dos tempos relativos entre os componentes de uma tarefa de *timing* coincidente, partindo do pressuposto que quando acontece uma mudança na organização temporal entre os componentes é possível inferir que houve uma mudança na organização da estrutura de controle.

Embora os estudos com o referencial teórico do Processo Adaptativo permitiram fazer inferências sobre o aumento de complexidade utilizando medidas relacionadas à programação e ao resultado da ação, no trabalho de Cattuzzo (2007), o nível de estabilização não foi objeto de estudo. O delineamento construído por Ugrinowitsch *et al.* (2008) constou de dois grupos com diferentes níveis de estabilização realizando duas fases de estabilização e uma fase de adaptação, entre elas. O aumento em complexidade foi inferido nas mudanças da macroestrutura (i.e., tempo relativo dos componentes) de uma fase de estabilização para outra. Ao final da primeira fase, os dois níveis de estabilização apresentaram organização distinta do tempo relativo. Contudo, na fase de adaptação ambos praticaram até a estabilização do desempenho, e o grupo superestabilização se adaptou com menor modificação dos componentes (i.e., modificação de dois dos cinco componentes da tarefa, enquanto o grupo estabilização modificou três dos cinco componentes) que o grupo estabilização, o que indica aumentos distintos de complexidade entre os diferentes níveis de estabilização. Na medida de tempo total de movimento da tarefa, que representa a microestrutura, não foram observadas diferenças entre os níveis de estabilização. As mesmas restrições colocadas na fase de estabilização foram impostas na estabilização 2, e ambos os grupos praticaram a tarefa até alcançarem o desempenho critério da estabilização do desempenho. Ao final dessa fase, a organização dos componentes dos dois grupos se tornou semelhante. Pode ser que a passagem pela fase de adaptação tendo que também alcançar o desempenho critério estabelecido tenha dizimado os efeitos da primeira fase e os e os grupos apresentaram níveis similares de complexidade.

Ambos os estudos abordados (i.e., CATTUZZO, 2007; UGRINOWITSCH *et al.*, 2008) fizeram inferências sobre o aumento de complexidade, permitido pela adaptação a perturbações externamente impostas. No entanto, no estudo de Cattuzzo não houve, no

delineamento, uma segunda fase de estabilização que possibilitasse a testagem do aumento de complexidade. Já o estudo de Ugrinowistch *et al.* (2008) não traz informações sobre a forma com que se deu a mudança de interação de uma fase de estabilização para outra. Para que a hipótese do aumento de complexidade seja confirmada, é esperado que, na estabilização 2, a interação entre os elementos que compõem a habilidade seja diferente da estabilização 1, e a forma com que ocorreu tal reorganização seja mais eficiente.

A partir da revisão apresentada, alguns questionamentos surgem. Será que ao final da estabilização 1, a prática até a superestabilização levará a uma maior complexidade do que a prática somente até a estabilização, e com uma organização diferente do PAOH? Ao final da estabilização 2, os dois grupos se manterão distintos em relação à complexidade e organização do PAOH?

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Verificar a influência do nível de estabilização no aumento de complexidade adquirido após a passagem pela fase de fase de adaptação.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- 1- Verificar se os diferentes níveis de estabilização têm desempenhos diferentes nas distintas fases do experimento.
  
- 2- Verificar se os diferentes níveis de estabilização apresentam macroestrutura distintas na estabilização 2, quando comparada à estabilização 1.
  
- 3- Verificar se os diferentes níveis de estabilização apresentam microestrutura distintas na estabilização 2, quando comparada à estabilização 1.
  
- 4- Verificar se os diferentes níveis de estabilização apresentam níveis de complexidades distintos na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1.

#### 4 HIPÓTESES

a) Para verificar se os níveis de estabilização têm desempenho diferentes nas distintas fases do experimento:

H<sub>1</sub>- A prática além da estabilização do desempenho apresentará melhor desempenho que a prática até a estabilização durante as três fases do experimento.

b) Para verificar se a macroestrutura dos diferentes níveis de estabilização é distinta na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1:

H<sub>2</sub>- As práticas até e além da estabilização do desempenho apresentarão organizações estruturais da tarefa distintas na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1.

H<sub>3</sub>- A prática além da estabilização do desempenho resultará em maior variabilidade na macroestrutura que a prática até estabilização ao final da fase de estabilização 1, quando comparada ao final da fase de estabilização 2.

c) Para verificar se a microestrutura dos diferentes níveis de estabilização é distinta na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1:

H<sub>4</sub>- As práticas até e além da estabilização do desempenho apresentarão aspectos totais da tarefa distintos na estabilização 2, quando comparada à estabilização 1.

H<sub>5</sub>- A prática além da estabilização do desempenho apresentará maior variabilidade na microestrutura que a prática até estabilização ao final da fase de estabilização 1, quando comparada ao final da fase de estabilização 2.

d) Para verificar se a complexidade dos diferentes níveis de estabilização é distinta na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1.

H<sub>6</sub>- A prática além da estabilização proporcionará maior ganho de complexidade em relação à prática até a estabilização, na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1.

## 5 MÉTODO

Para testar as hipóteses e responder às questões apresentadas, um experimento foi elaborado manipulando dois níveis de estabilização do desempenho.

### 5.1 Cuidados éticos

O presente trabalho respeitou as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução 466/2012) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), já utilizado no estudo de Santos, (2015), com número 270.382.

O experimento foi realizado em local apropriado para coleta dos dados. Os voluntários foram informados dos objetivos do estudo e procedimentos adotados. Após concordarem em participar do estudo, todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo COEP, dando início aos procedimentos da coleta.

### 5.2 Amostra

Participaram do presente estudo 20 universitários, destros, com idade entre 18 e 35 anos ( $24,6 \pm 4.4$  anos), sem experiência na tarefa.

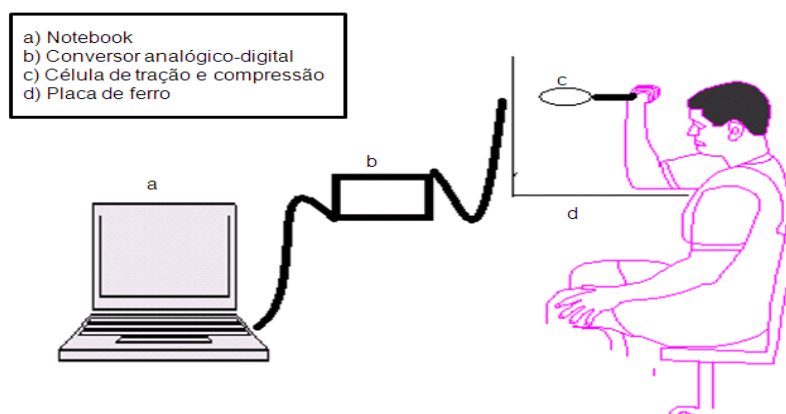
### 5.3 Instrumento e Tarefa

O instrumento utilizado é composto por uma célula de carga de tração e compressão (modelo CSA/ZL-200), fixada à uma placa de ferro a qual é parafusada à parede e ligada a um conversor analógico-digital A/D, com faixa de entrada de -5 a +5 Volts, o qual é conectado a um computador com *software Labview* utilizado para a construção do programa de aquisição e armazenamento dos dados. A frequência de aquisição de dados foi de 200Hz. Para que o voluntário visualizasse seu desempenho durante todo o experimento, durante todo experimento, havia um monitor posicionado do seu lado esquerdo. A placa de ferro, parafusada em uma parede, além de prender a célula de tração e compressão, também possui uma superfície que serviu para que os voluntários apoiassem o braço direito. Nessa superfície há um aparador, cuja função é restringir a extensão do cotovelo dos voluntários. A tarefa envolveu o controle de porcentagens da força máxima isométrica dos músculos flexores do cotovelo, no qual era realizada a tração da célula durante um intervalo de tempo específico. A



célula estava conectada a uma alça de *nylon*, na qual os voluntários envolviam a palma da mão, permitindo a tração (FIG 2).

**FIGURA 2.** Sistema utilizado para coleta de dados constando de célula de tração e compressão, conversor analógico-digital e computador.



#### 5.4 Procedimentos

Os voluntários foram recrutados por meio de convite ou abordagem pessoal. A coleta de dados foi realizada no laboratório do Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Os participantes foram recebidos individualmente pelo experimentador, que informou os procedimentos gerais e caráter da pesquisa. Os participantes foram acomodados na sala de coleta e receberam o termo de consentimento livre e esclarecido. Após leitura e assinatura do termo, os voluntários tinham a sua posição padronizada para todo o experimento. Essa padronização envolvia a regulação da altura da cadeira e da célula de tração e compressão de forma que o voluntário ficasse sentado, de frente para a célula, apoiando o braço na placa de ferro e com o ombro e cotovelo em flexão de 90°, conferidos com o goniômetro. A flexão do cotovelo era auxiliada pela presença do aparador que impedia a sua extensão. A posição do aparador era regulada de forma a contemplar os voluntários com diferentes comprimentos de braço. Para evitar movimentos do punho, os voluntários calçaram uma órtese. Finalmente, foi solicitado que os voluntários mantivessem a mão esquerda apoiada na coxa esquerda.

No momento da instrução, os sujeitos foram orientados a visualizarem, durante todo o tempo, o monitor disponível ao seu lado esquerdo que informava o desempenho em relação à meta, durante toda a tentativa. Os participantes também foram instruídos que, nesse monitor, haveria o acendimento de três círculos, localizando-os temporalmente nos três segundos de duração da tentativa. O primeiro círculo era amarelo e informava aos participantes para se preparem para a tentativa. Quando o círculo amarelo apagava o segundo círculo que era verde acendia e informava aos participantes para começar a tentativa. Três segundos após o círculo verde apagar, havia o acendimento do terceiro círculo, vermelho, que indicava o fim da tentativa. O acendimento de cada círculo coincidia com um “beep” sonoro.

Primeiramente, foi determinada a força máxima isométrica dos músculos flexores do cotovelo direito de cada voluntário pela tração máxima na célula de carga, em três tentativas. Cada tentativa teve a duração de cinco segundos e cinco minutos de intervalo entre elas. O maior valor de força encontrado nessas três tentativas foi considerado a força máxima do indivíduo.

## **5.5 Delineamento**

Após a determinação da força máxima, os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos para manipular o nível de estabilização do desempenho: Grupo estabilização (GE) (n=10) e Grupo superestabilização (n=10) (GSE). O experimento constou de três fases: estabilização 1, adaptação e estabilização 2, cujas tentativas tiveram a duração de três segundos. Em todas as fases do experimento, foi adotado o critério de desempenho estabelecido para o estudo.

Na fase de estabilização 1, todos os participantes tinham como meta alcançar, na primeira metade de duração da tentativa 20% sua força máxima. Na metade final, a meta passou a ser alcançar 35% da força máxima. Nessa fase, foi manipulado o nível de estabilização do desempenho pela adoção de diferentes critérios para o término da fase para os grupos. O GE praticou a tarefa até alcançar o critério de desempenho estabelecido para o estudo, realizar três tentativas consecutivas com o erro menor ou igual a 5,99% no componente 20% e com o erro menor ou igual a 3,99% no componente 35%. Para a tentativa ser considerada correta o desempenho nos dois componentes deveria estar dentro das faixas de tolerância de erro adotadas. O GSE praticou a tarefa até realizar sete blocos de três tentativas consecutivas com

o erro menor ou igual a 5,99% no componente 20% e com o erro menor ou igual a 3,99% no componente 35%. O número máximo de tentativas para alcançar o critério de desempenho para o GE foi de 160 tentativas e para o GSE foi 240 tentativas.

O CR estava disponível para o voluntário no monitor posicionado do seu lado esquerdo, da seguinte forma: na tela era exibido um gráfico força x tempo, com o eixo y apresentando os percentuais de força produzidos pelos voluntários. Nos níveis da força a ser produzidos, uma linha de referência se deslocava ao longo do eixo x durante toda tentativa representando a meta a ser atingida pelo voluntário. Este deslocamento era coincidente com o tempo de execução da tarefa. A meta da tarefa era sobrepor a curva de produção de força à linha de referência durante os três segundos de duração da tentativa. Na fase de estabilização 1, a linha referência iniciava se movendo no nível de 20% durante a primeira metade da tentativa, que representava um segundo e meio. Na segunda metade da tentativa, essa linha se deslocava para o percentual 35.

Vinte e quatro horas após a estabilização 1, foi realizada a fase de adaptação, na qual os sujeitos tinham como meta alcançar, na primeira metade de duração da tentativa, 20% sua força máxima. Na metade final, houve a inserção de perturbação e a meta passou a ser alcançar 45% da força máxima. Com o objetivo de garantir que todos os participantes se adaptassem e uma nova estabilidade fosse alcançada, para a finalização dessa fase, todos os grupos praticaram a tarefa até alcançarem o critério de desempenho, realizar três tentativas consecutivas com o erro menor ou igual a 5,99% no componente 20% e com o erro menor ou igual a 3,99% no componente 45%. O número máximo de tentativas para alcançar o critério de desempenho para ambos os grupos foi de 160 tentativas.

Nessa fase do experimento, no monitor que orientou os participantes, a linha referência iniciava se movendo no nível de 20% durante a primeira metade da tentativa. Na segunda metade da tentativa, essa linha se deslocava para o percentual 45.

Após 24 horas do término da fase de adaptação, foi realizada a fase de estabilização 2, na qual a meta a ser alcançada foi a mesma da estabilização 1. A fim de garantir que o desempenho se tornasse estável novamente, para finalização dessa fase, todos os grupos praticaram até realizar três tentativas consecutivas com o erro menor ou igual a 5,99% no componente 20% e com o erro menor ou igual a 3,99% no componente 35%. O número

máximo de tentativas para alcançar o critério de desempenho para ambos os grupos foi de 160 tentativas.

Nessa fase do experimento, no monitor que orientou os participantes, a linha referência se moveu igual à fase de estabilização 1.

Os intervalos de tempo entre as diferentes fases do estudo foram adotados devido ao fato da tarefa utilizada envolver uma alta demanda neuromuscular. Para evitar que o cansaço interferisse no desempenho dos voluntários, optou-se por realizar cada fase no dia subsequente a fase anterior.

## **5.6 Variáveis Dependentes**

Nesse experimento, foram utilizadas como:

### a) Medida de desempenho

- Número de tentativas praticadas pelos grupos para alcançar o critério de desempenho estabelecido para o estudo.

- RMSE (raiz quadrada do erro médio), a qual representa a diferença de força entre executada e a meta, ponto a ponto. Esta medida indica a precisão do desempenho.

- Coeficiente de variação (CV) da RMSE, o qual traz informações sobre a consistência do desempenho.

### b) Medida de microestrutura

- Força total produzida (impulso total), relativizada pela força máxima, adquirida pelo cálculo da área embaixo da curva do gráfico Força x tempo. Essa medida foi adquirida em percentual para possibilitar a comparação intra e inter grupos.

### c) Medida de macroestrutura

- Força relativa (impulso relativo), relativizada pela microestrutura, adquirida pelo cálculo da área embaixo da curva do gráfico Força x tempo de cada componente da tarefa.

d) Medida de complexidade

-Interação entre os componentes da tarefa, adquirida pelo cálculo da área embaixo da curva do gráfico força x tempo, no intervalo de pontos entre o início da mudança de força para alcançar o segundo componente e o primeiro pico de força após essa mudança para alcançá-lo. Essa interação fornece informações da forma como se deu a mudança de um componente para o outro da tarefa. Foi ainda analisado o erro em relação à meta do primeiro pico, após a mudança.

### **5.7 Tratamento e Análise dos dados**

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para analisar as medidas de desempenho e de microestrutura, os dados foram submetidos à ANOVA *two way* (grupos x tentativas) com medidas repetidas no segundo fator. Para analisar a medida de macroestrutura, os dados foram submetidos à MANOVA.

Os dados relacionados à verificação da complexidade foram submetidos à regressão linear múltipla para a fim de estabelecer relações entre as variáveis grupo, interação entre os componentes da tarefa e erro no pico de força. Utilizou-se o método *Enter* para o primeiro bloco de variáveis (Nível de Estabilização) por se tratar de uma variável de importância suportada na literatura (UGRINOWITSCH *et al.*, 2011, 2014). No segundo bloco de variáveis, optou-se pelo método *Stepwise*, sendo inseridas as médias da integral dos dois componentes nas três primeiras e três últimas tentativas de cada fase do experimento. A independência dos resíduos foi verificada pelo teste de Durbin-Watson e o diagnóstico de multicolinearidade pelo fator de inflação de variância (VIF). Os dados relacionados à verificação da complexidade foram submetidos à regressão. Quando necessário, foi utilizado o *post hoc* de *Tukey* para identificar as possíveis diferenças. O nível de significância adotado foi  $p \leq 0,05$ .

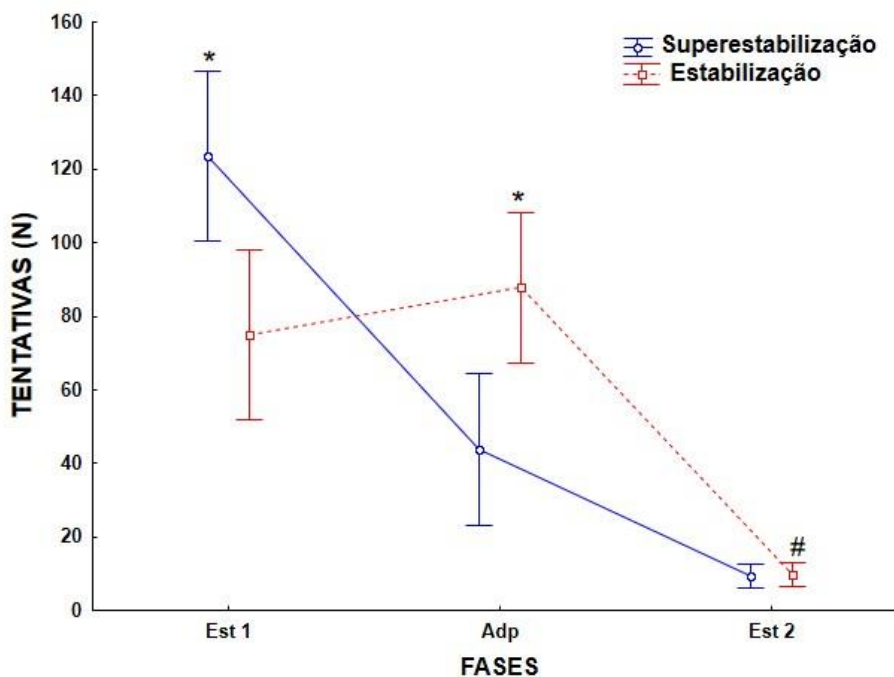
Os dados foram analisados em blocos de três tentativas nas três fases do experimento. Devido ao diferente número de tentativas entre os grupos, foram utilizados para análise o primeiro e o último bloco de três tentativas de cada fase.

## 6 RESULTADOS

A primeira análise foi realizada para verificar o número de tentativas praticadas pelos grupos para alcançar o critério de desempenho estabelecido para o estudo. Foram analisadas as médias do número de tentativas em cada fase do estudo.

A ANOVA *two way* (2 grupos x 3 fases) indicou diferença significativa no fator fase [ $F(2, 36) = 54,411$ ;  $p < 0,05$ ] e interação entre grupos e fases [ $F(2, 36) = 14,169$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que, na fase de estabilização 1, o grupo superestabilização praticou mais tentativas para alcançar o critério de desempenho ( $p < 0,006$ ) que o grupo estabilização. Já na fase de adaptação, o resultado se inverteu: o grupo estabilização praticou mais tentativas que o grupo superestabilização para agora, ambos os grupos alcançarem critério de estabilização do desempenho ( $p < 0,02$ ). Ainda, o número de tentativas praticadas na fase de estabilização 2 foi menor que o número de tentativas praticadas nas fases de estabilização 1 e na fase de adaptação, tanto no grupo estabilização ( $p < 0,001$ ), quanto no grupo superestabilização ( $p < 0,02$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 0,0452$ ;  $p = 0,834$ ] (GRÁF. 1).

GRÁFICO 1 – Número de tentativas dos grupos superestabilização e estabilização nas fases de estabilização 1, adaptação e estabilização 2.

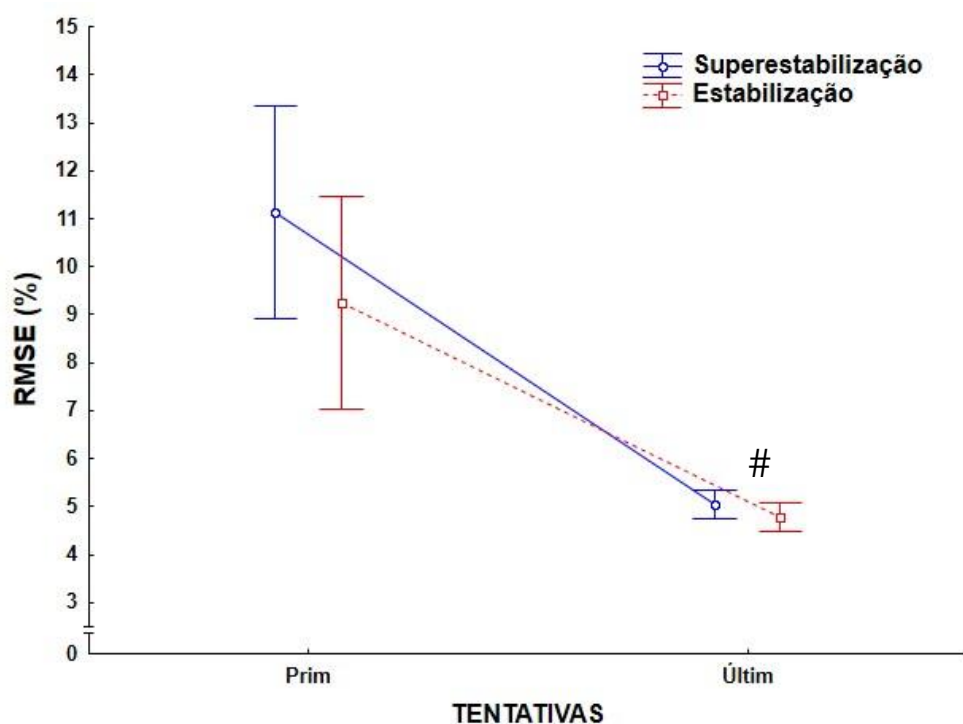


\*  $p < 0,05$  - interação grupo x fases    #  $p < 0,05$  - fases

Ainda nas medidas de desempenho, foi comparado o erro, em relação à meta da tarefa, entre as três primeiras tentativas e as três últimas em cada fase do estudo. Como cada componente da tarefa possuía uma meta, os percentuais de meta a serem alcançados foram analisados separadamente.

Na fase de estabilização 1, na análise da média do componente 1, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 53,324$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de Tukey detectou que, o erro nas primeiras tentativas da fase foi maior que o erro nas tentativas finais ( $p < 0,001$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 1,893$ ;  $p = 0,186$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 1,231$ ;  $p = 0,282$ ] (GRÁF. 2).

GRÁFICO 2 – Média do RMSE (%) do componente 1 da primeira e última tentativa da fase de estabilização 1.

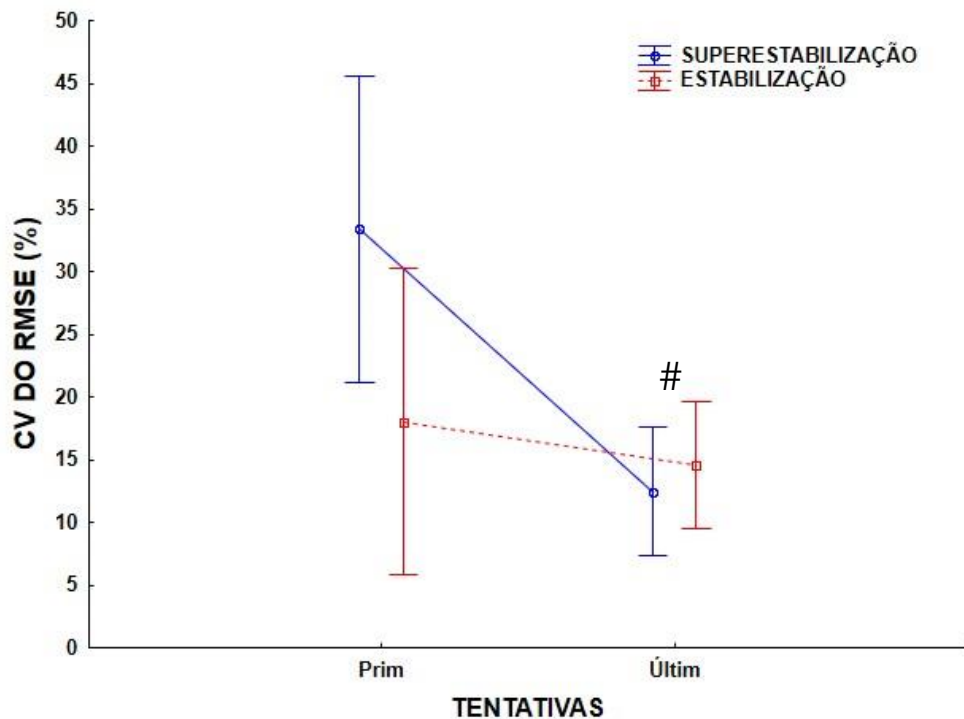


#  $p < 0,05$  - tentativas

Na análise do coeficiente de variação do componente 1, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 6,554$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de Tukey detectou que, nas primeiras tentativas da fase, a variabilidade foi maior que nas tentativas finais ( $p = 0,01$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos

[ $F(1,18) = 2,591$ ;  $p = 0,125$ ], bem como na interação entre grupos e blocos [ $F(1,18) = 3,353$ ;  $p = 0,08$ ] (GRÁF. 3).

GRÁFICO 3 – Coeficiente de variação do RMSE (%) do componente 1 da primeira e última tentativa da fase de estabilização 1.

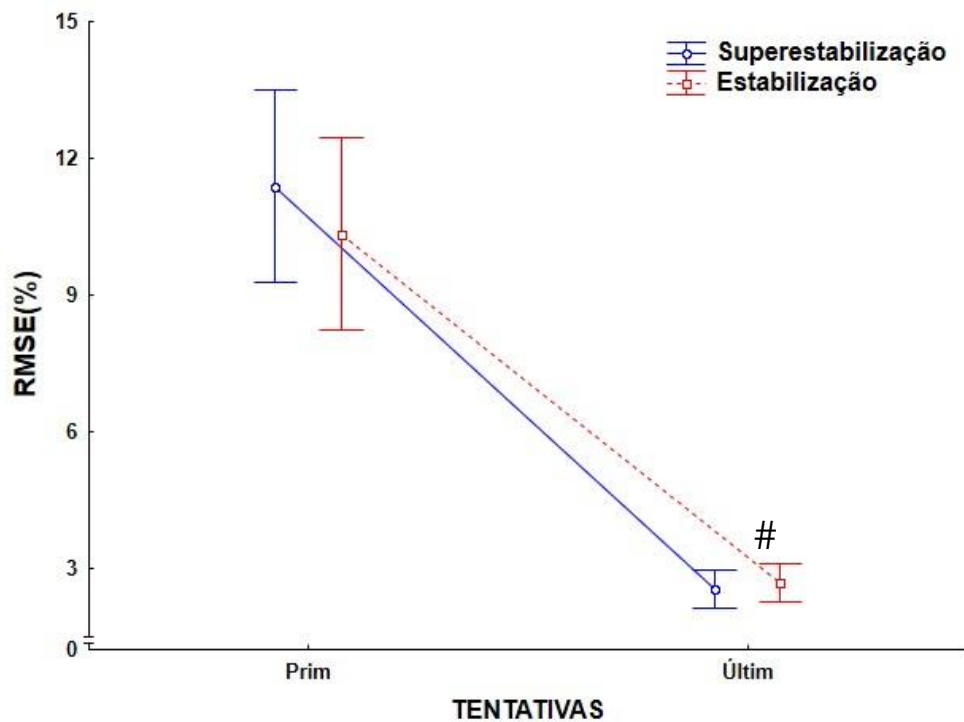


#  $p < 0,05$  - tentativas

Na análise da média do componente 2, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 137,486$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que, o erro no primeiro bloco da fase foi maior que o erro no segundo bloco ( $p < 0,001$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 0,374$ ;  $p = 0,548$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 0,29$ ;  $p = 0,404$ ] (GRÁF. 4).



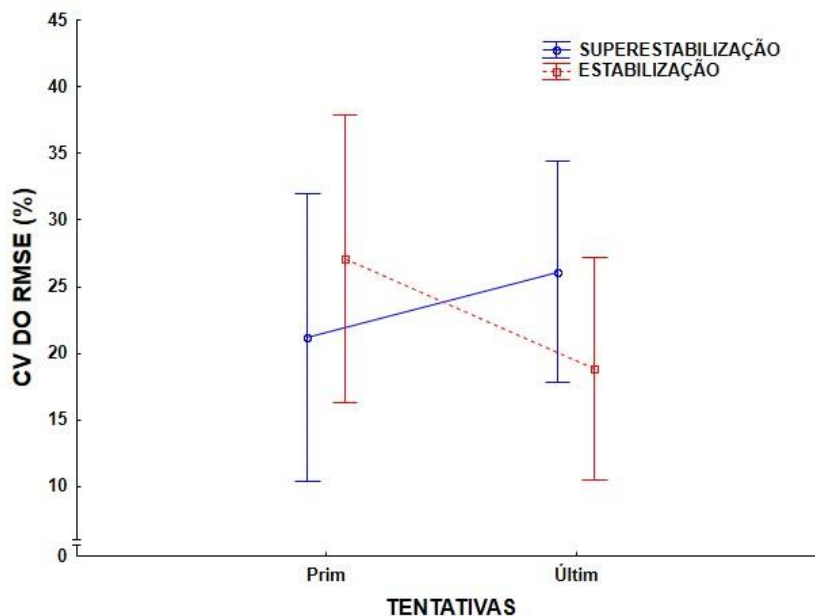
GRÁFICO 4 – Média do RMSE (%) no componente 2 da primeira e última tentativa da fase de estabilização 1.



#  $p < 0,05$  - tentativas

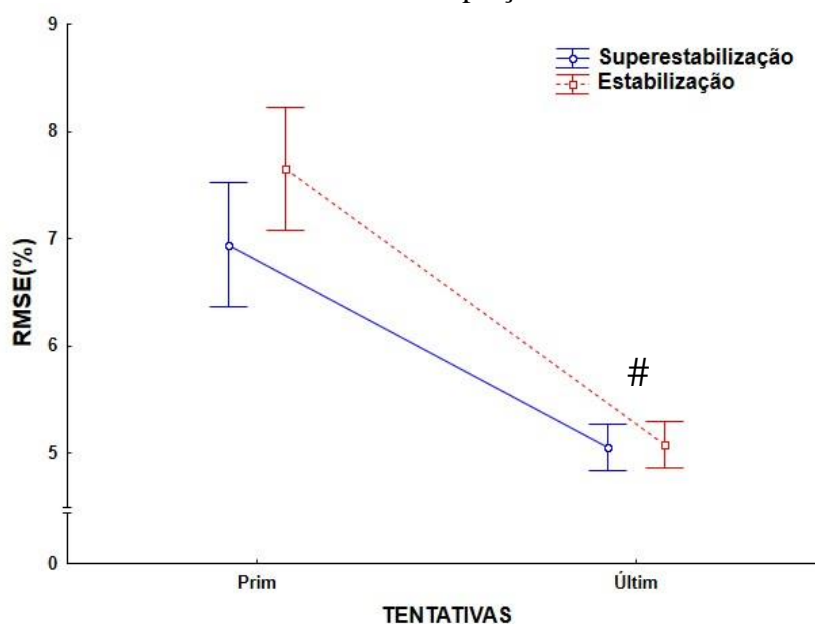
Na análise do coeficiente de variação do componente 2, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) não indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 0,108$ ;  $p = 0,746$ ]; grupos [ $F(1,18) = 0,027$ ;  $p = 0,872$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 1,721$ ,  $p = 0,206$ ] (GRÁF. 5).

GRÁFICO 5 – Coeficiente de variação do RMSE (%) no componente 2 da primeira e última tentativa da fase de estabilização 1.



Na fase de adaptação, na análise da média do componente 1, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 117,362$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que, o erro no primeiro bloco da fase foi maior que o erro no segundo bloco ( $p < 0,001$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 3,043$ ;  $p = 0,098$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 2,753$ ;  $p = 0,114$ ] (GRÁF. 6).

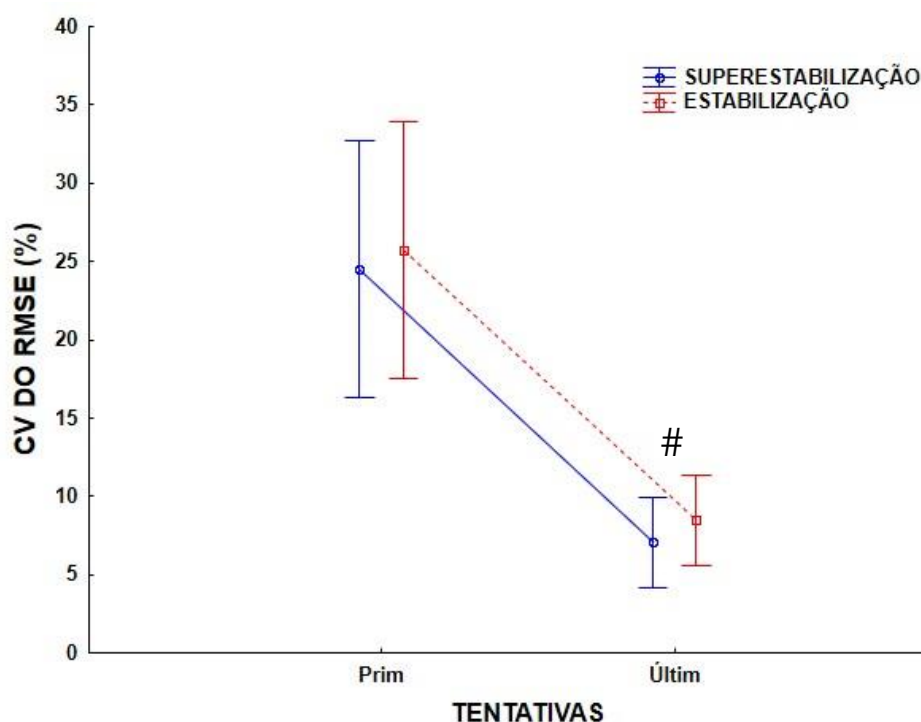
GRÁFICO 6 – Média do RMSE (%) no componente 1 da primeira e última tentativa da fase de adaptação.



#  $p < 0,05$  - tentativas

Na análise do coeficiente de variação do componente 1, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 27,675$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de Tukey detectou que, nas primeiras tentativas da fase, a variabilidade foi maior que nas últimas tentativas ( $p < 0,001$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 0,269$ ;  $p = 0,610$ ], bem como na interação entre grupos e blocos [ $F(1,18) = 0,002$ ;  $p = 0,970$ ] (GRÁF. 7).

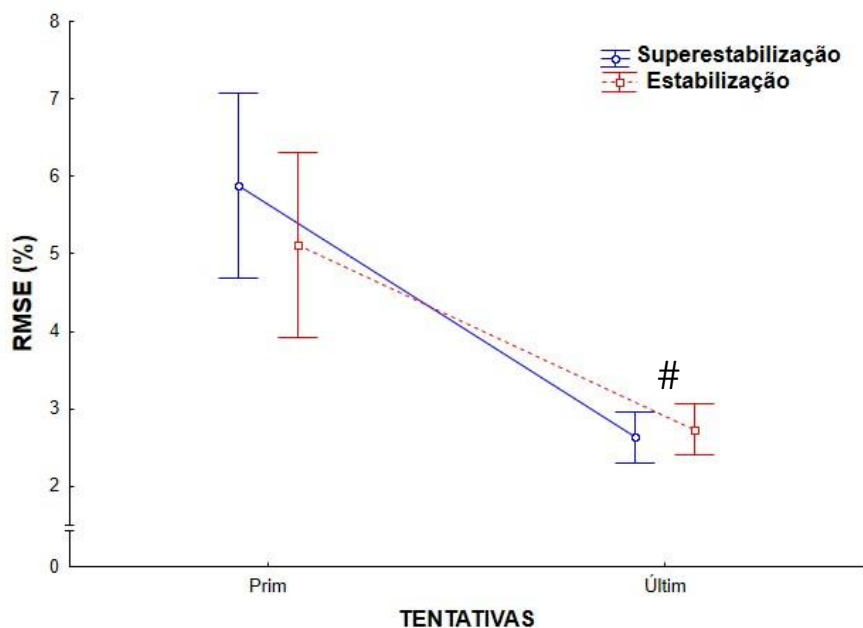
GRÁFICO 7 – Coeficiente de variação do RMSE (%) no componente 1 da primeira e última tentativa da fase de adaptação.



#  $p < 0,05$  - tentativas

Na análise da média do componente 2, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 46,955$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de Tukey detectou que o erro no primeiro bloco da fase foi maior que o erro no segundo bloco ( $p < 0,001$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 0,634$ ;  $p = 0,436$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 1,107$ ;  $p = 0,307$ ] (GRÁF. 8).

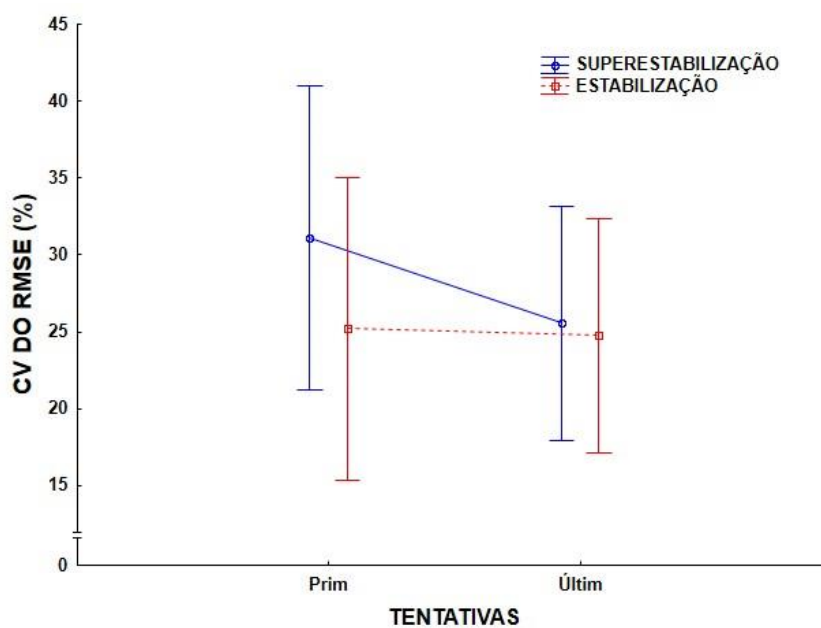
GRÁFICO 8 – Média do RMSE (%) no componente 2 da primeira e última tentativa da fase de adaptação.



#  $p < 0,05$  - tentativas

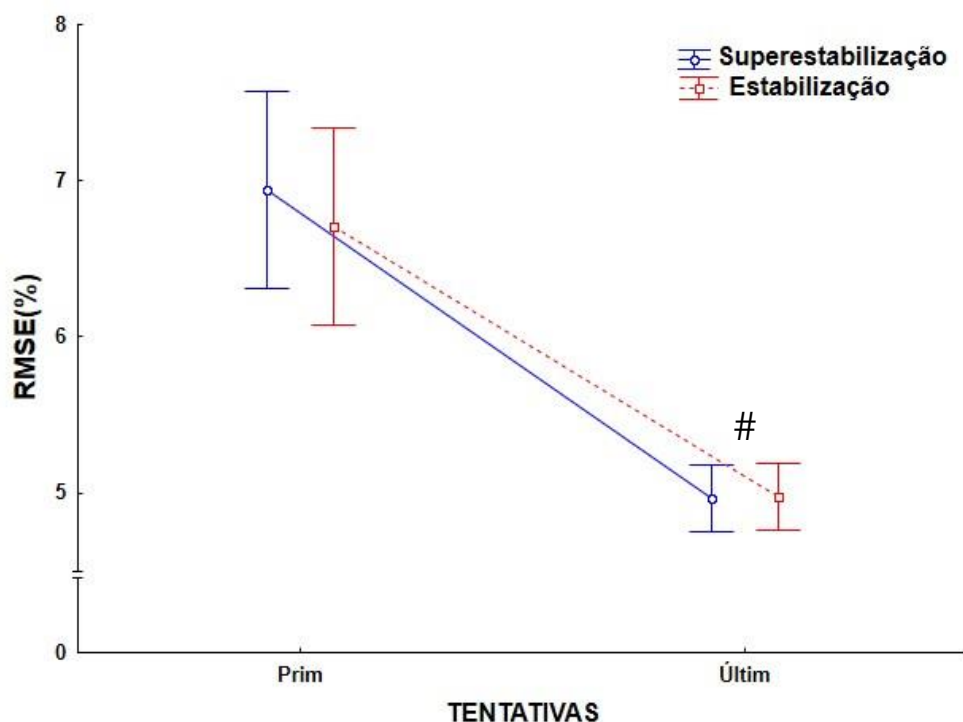
Na análise do coeficiente de variação do componente 2, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) não indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 0,559$ ;  $p = 0,464$ ], grupos [ $F(1,18) = 0,583$ ;  $p = 0,455$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 0,415$ ;  $p = 0,528$ ] (GRÁF. 9).

GRÁFICO 9 – coeficiente de variação do RMSE (%) no componente 2 da primeira e última tentativa da fase de adaptação.



Na fase de estabilização 2, na análise da média do componente 1, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 67,451$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que, o erro nas primeiras tentativas da fase foi maior que o erro nas últimas tentativas ( $p < 0,001$ ). Não foram detectadas diferenças significantes grupos [ $F(1,18) = 0,235$ ;  $p = 0,634$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 0,286$ ;  $p = 0,560$ ] (GRÁF. 10).

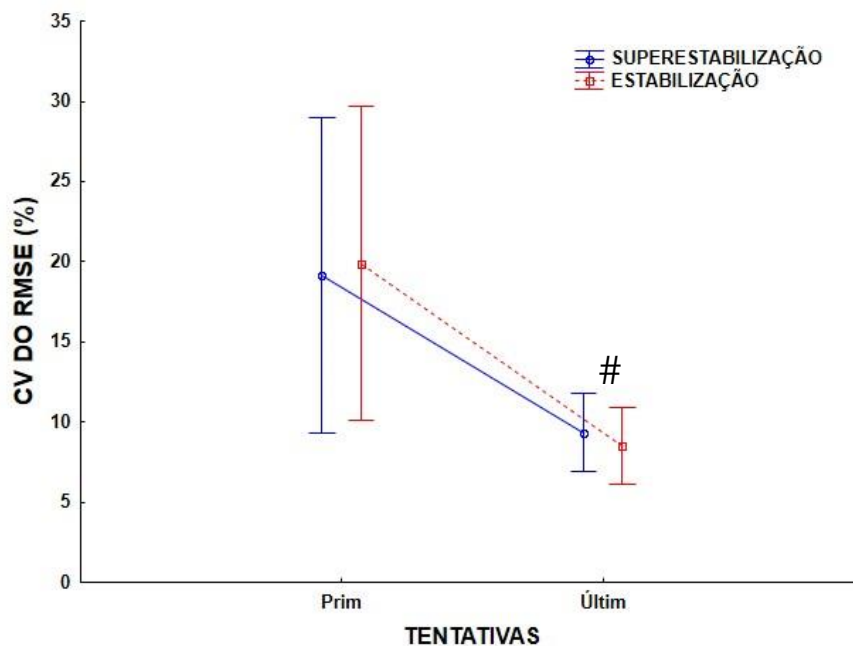
GRÁFICO 10 – Média do RMSE (%) no componente 1 da primeira e última tentativa da fase de estabilização 2.



#  $p < 0,05$  - tentativas

Na análise do coeficiente de variação do componente 1, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator blocos [ $F(1, 18) = 10,933$   $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que, nas primeiras tentativas, a variabilidade foi maior que nas últimas tentativas ( $p = 0,003$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 0,00007$ ;  $p = 0,993$ ], bem como na interação entre grupos e blocos [ $F(1,18) = 0,058$   $p = 0,811$ ] (GRÁF. 11).

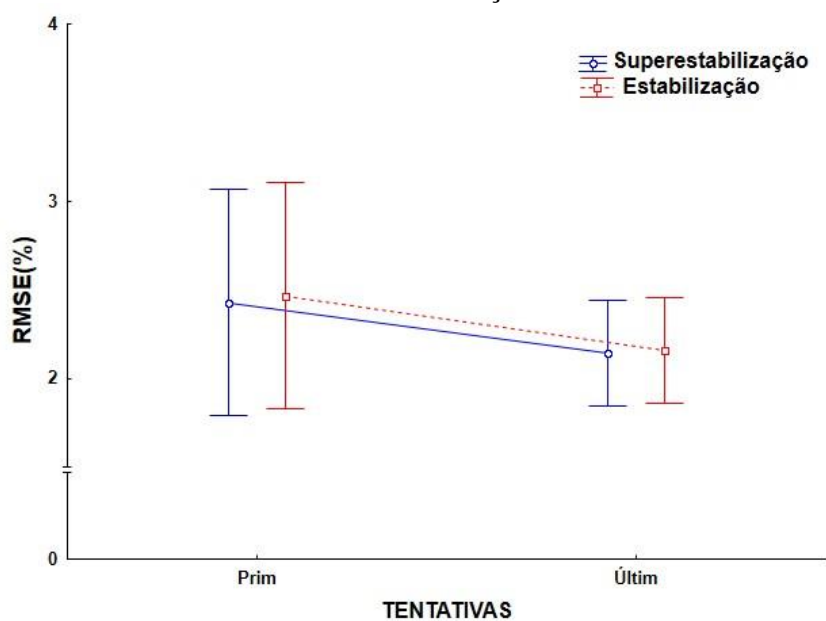
GRÁFICO 11 – Coeficiente de variação do RMSE (%) no componente 1 da primeira e última tentativa da fase de estabilização 2.



#  $p < 0,05$  – tentativas

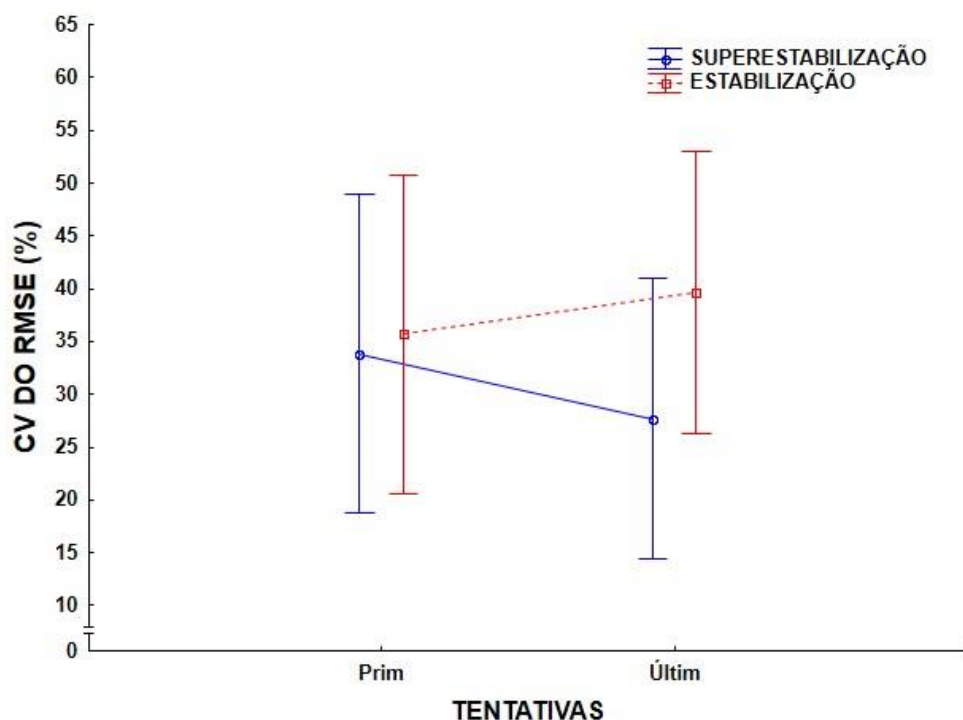
Na análise da média do componente 2, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) não indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 1,914$ ;  $p = 0,183$ ], grupos [ $F(1,18) = 0,0107$ ;  $p = 0,919$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 0,0029$ ;  $p = 0,958$ ] (GRÁF. 12).

GRÁFICO 12 – Média do RMSE (%) do componente 2 da primeira e última tentativa na fase de estabilização 2.



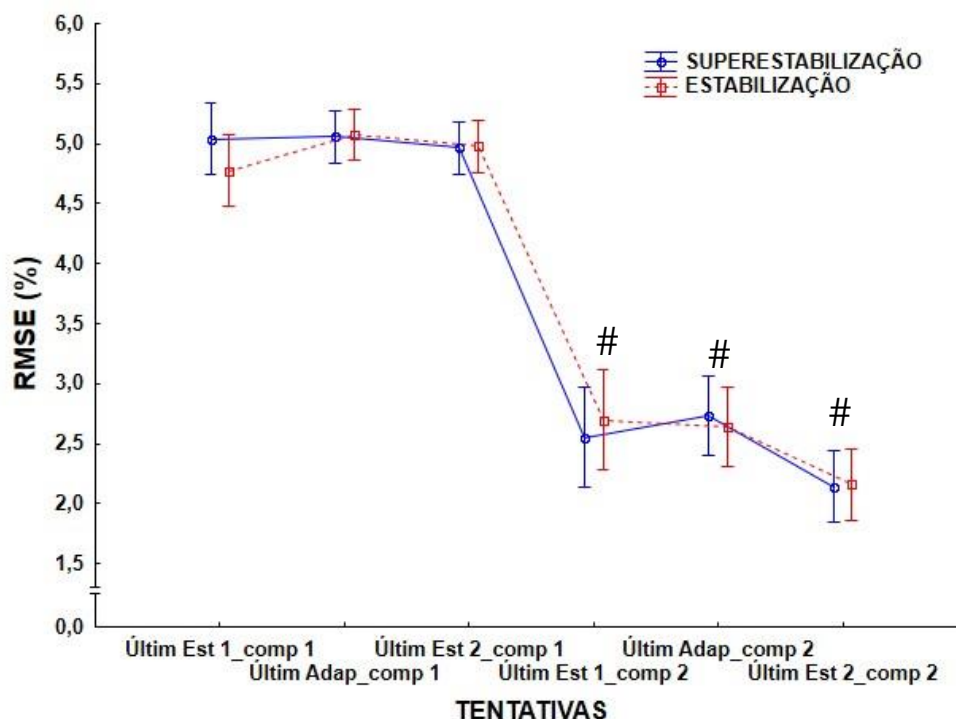
Na análise do coeficiente de variação do componente 2, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) não indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 0,0560$ ;  $p = 0,816$ ], grupos [ $F(1,18) = 0,688$ ;  $p = 0,418$ ], bem como na interação entre grupos e blocos [ $F(1,18) = 1,132$ ;  $p = 0,301$ ] (GRÁF. 13).

GRÁFICO 13 – Coeficiente de variação do RMSE (%) do componente 2 da primeira e última tentativa na fase de estabilização 2



Na análise da média das últimas tentativas dos componentes um e dois em cada fase, a ANOVA *two way* (2 grupos x 6 tentativas) indicou diferença no fator tentativas [ $F(5,90) = 186,174$ ;  $p < 0,05$ ]. O teste *post hoc* de *tukey* detectou que o erro nas últimas tentativas do primeiro componente foi maior que o erro nas últimas tentativas do segundo componente, em todas as fases ( $p < 0,001$ ). Ainda, o erro das últimas tentativas da estabilização 2, do segundo componente, foi menor que o erro das últimas tentativas das fases de estabilização 1 ( $p = 0,001$ ) e adaptação ( $p < 0,0001$ ). Não foram encontradas diferenças no fator grupo [ $F(1,18) = 0,102$ ;  $p > 0,05$ ], bem como na interação entre grupo e tentativas [ $F(5,90) = 0,472$ ;  $p > 0,05$ ] (GRÁF.14).

GRÁFICO 14 – Média do RMSE (%) das últimas tentativas nas fases de estabilização1, adaptação e estabilização 2, dos componentes 1 e 2.

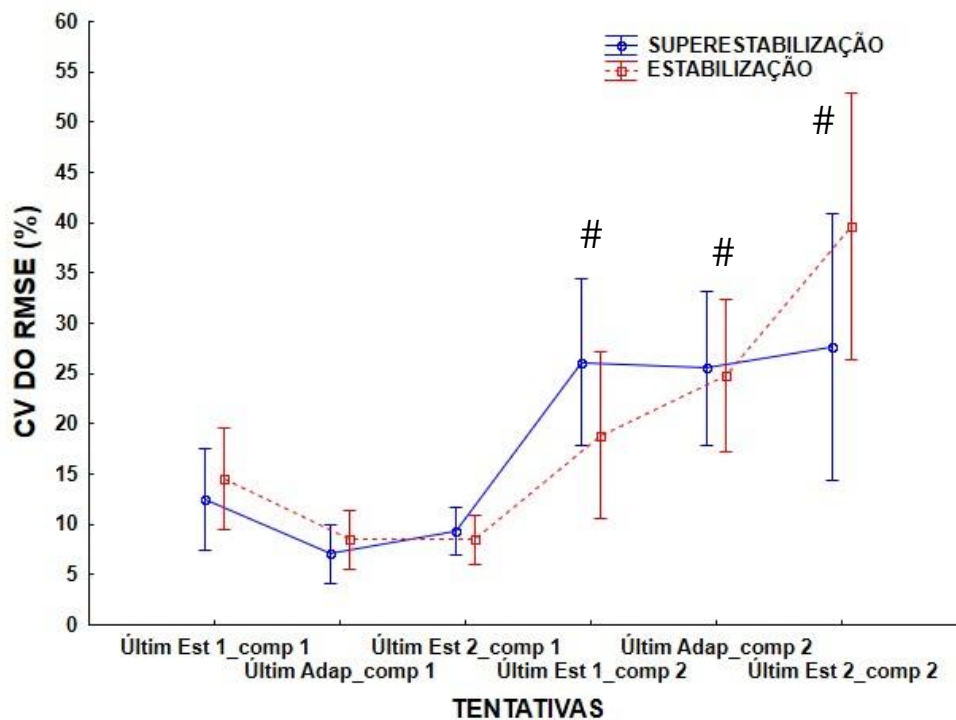


#  $p < 0,05$  - tentativas

Na análise do coeficiente de variação das últimas tentativas dos componentes um e dois em cada fase, a ANOVA *two way* (2 grupos x 6 tentativas) indicou diferença no fator tentativas [ $F(5,90) = 16,048$ ;  $p < 0,05$ ]. O teste *post hoc* de *tukey* detectou que a variabilidade do erro nas últimas tentativas do primeiro componente foi menor que a variabilidade do erro nas últimas tentativas do segundo componente, em todas as fases ( $p < 0,01$ ). Ainda, a variabilidade do erro da última tentativa da estabilização 2, do segundo componente, foi maior que a variabilidade do erro da última tentativa das fases de estabilização 1 ( $p = 0,002$ ) e adaptação ( $p < 0,02$ ), no segundo componente. Não foram encontradas diferenças no fator grupo [ $F(1,18) = 0,286$ ;  $p > 0,05$ ], bem como na interação entre grupo e tentativas [ $F(5,90) = 1,505$ ;  $p > 0,05$ ] (GRÁF.15).



GRÁFICO 15 – Coeficiente de variação do RMSE (%) das últimas tentativas na fases de estabilização1, adaptação e estabilização 2, dos componentes 1 e 2.

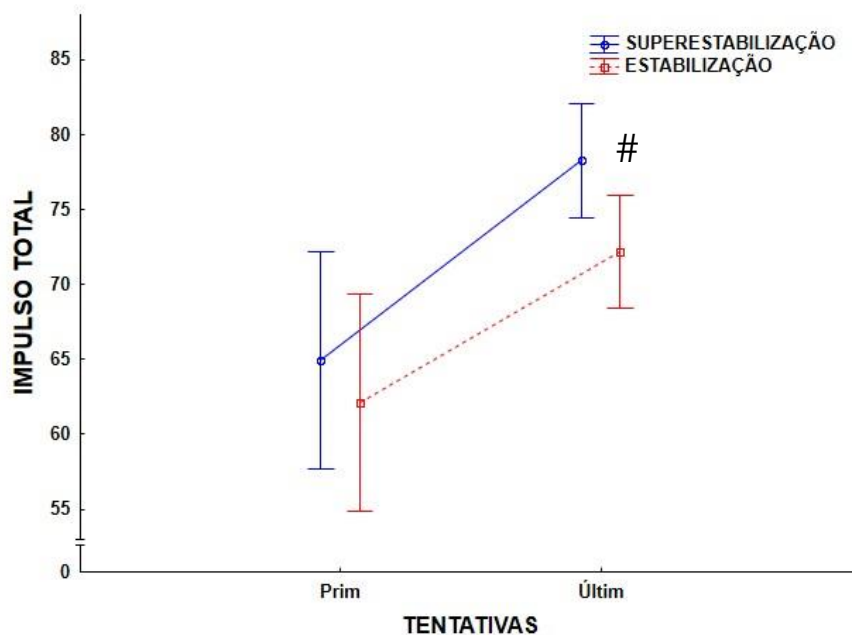


#  $p < 0,05$  - tentativas

Para verificar o comportamento da microestrutura foi comparada a força total produzida, indicada pelo impulso total, entre as três primeiras tentativas e as três últimas em cada fase do estudo. Para verificar se houve mudança de uma fase para outra do experimento, foram comparados os três últimos blocos das fases de estabilização 1, adaptação e estabilização 2.

Na fase de estabilização 1, na análise da média do impulso total a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 14,816$   $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de Tukey detectou que, a força produzida no primeiro bloco da fase foi menor que a força produzida no segundo bloco ( $p < 0,01$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 3,320$   $p = 0,085$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 0,286$ ;  $p = 0,599$ ] (GRÁF. 16).

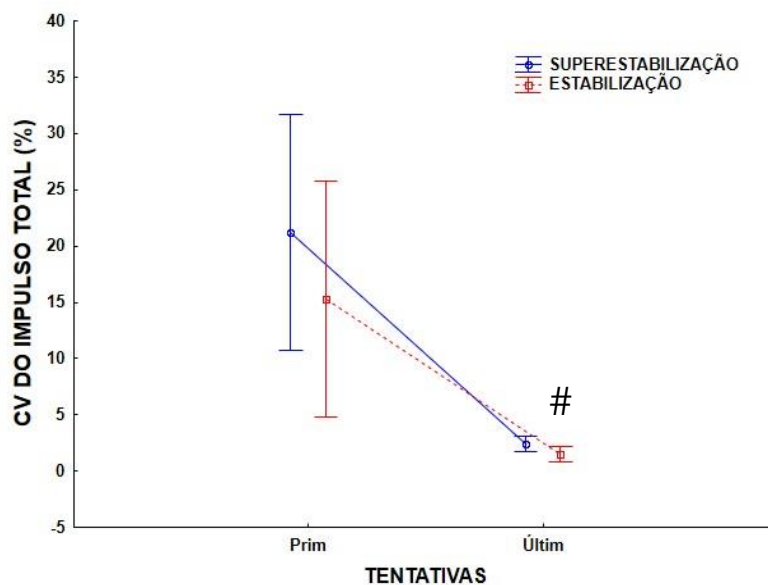
GRÁFICO 16 – Média do impulso total da primeira e última tentativa da fase de estabilização 1.



#  $p < 0,05$  - tentativas

Na análise do coeficiente de variação do impulso total, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator blocos [ $F(1, 18) = 21,305$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de Tukey detectou que, nas primeiras tentativas da fase, a variabilidade foi maior que nas últimas tentativas ( $p < 0,001$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 0,923$ ;  $p > 0,05$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 0,500$ ;  $p > 0,05$ ] (GRÁF. 17).

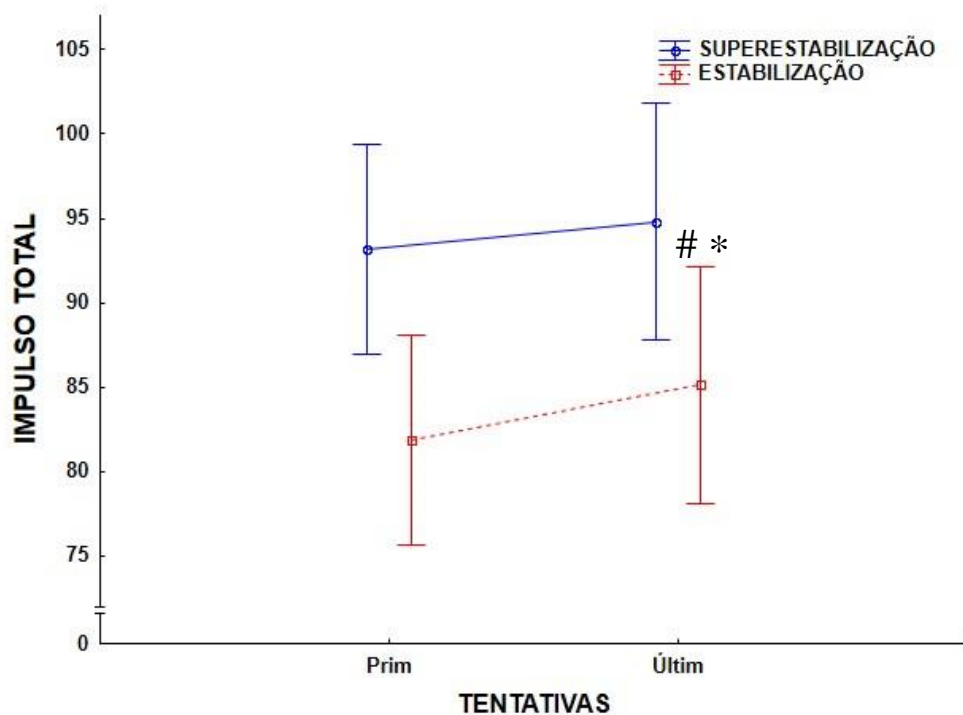
GRÁFICO 17 – Coeficiente de variação do impulso total na primeira e última tentativa na fase de estabilização 1.



#  $p < 0,05$  - tentativas

Na fase de adaptação, na análise da média do impulso total a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 8,694$ ;  $p < 0,01$ ] e no fator grupos [ $F(1, 18) = 5,727$ ;  $p < 0,03$ ]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que a força total nas primeiras tentativas da fase foi menor que a força total nas tentativas finais ( $p < 0,009$ ). Ainda, foi observado que o grupo superestabilização produziu mais força que o grupo estabilização ( $p < 0,03$ ). Não foram detectadas diferenças significantes na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 1,022$ ;  $p = 0,325$ ] (GRÁF. 18).

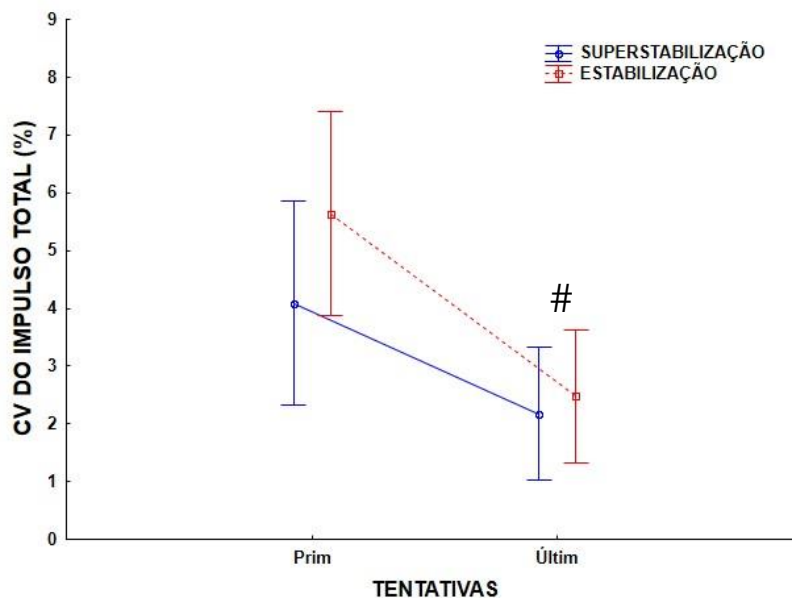
GRÁFICO 18 - Média do impulso total da primeira e última tentativa da fase de adaptação.



#  $p < 0,05$  – tentativas \*  $p < 0,05$  - grupos

Na análise do coeficiente de variação do impulso total, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 9,639$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de Tukey detectou que a variabilidade nas primeiras tentativas foi maior que nas últimas tentativas da fase ( $p = 0,006$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 2,511$ ;  $p > 0,05$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 3,872$ ;  $p > 0,05$ ] (GRÁF. 19).

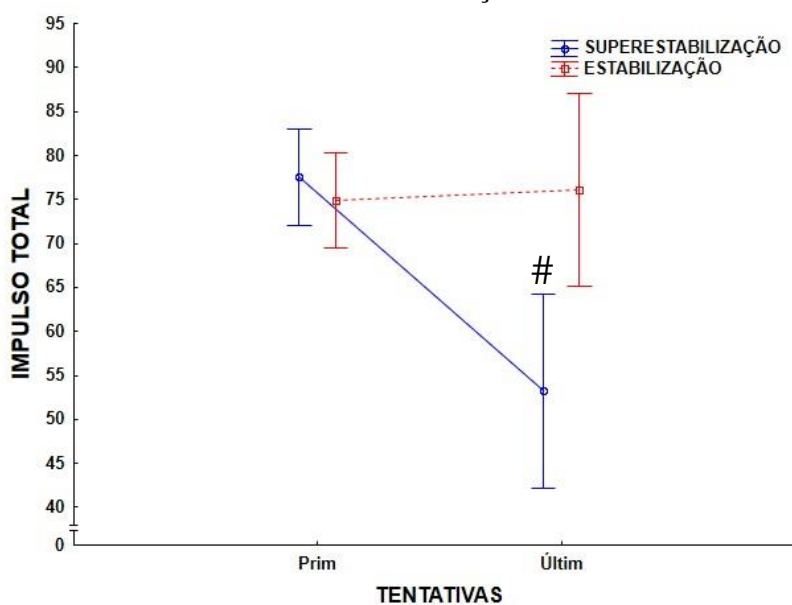
GRÁFICO 19 - Coeficiente de variação do impulso total na primeira e última tentativa na fase de adaptação.



#  $p < 0,05$  – tentativas

Na fase de estabilização 2, na análise da média do impulso total a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 53,324$ ;  $p < 0,001$ ]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que o impulso total no primeiro bloco da fase foi maior que no segundo bloco ( $p > 0,001$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 1,983$ ;  $p = 0,186$ ], bem como na interação entre grupos e blocos [ $F(1,18) = 1,231$ ;  $p = 0,282$ ] (GRÁF. 20).

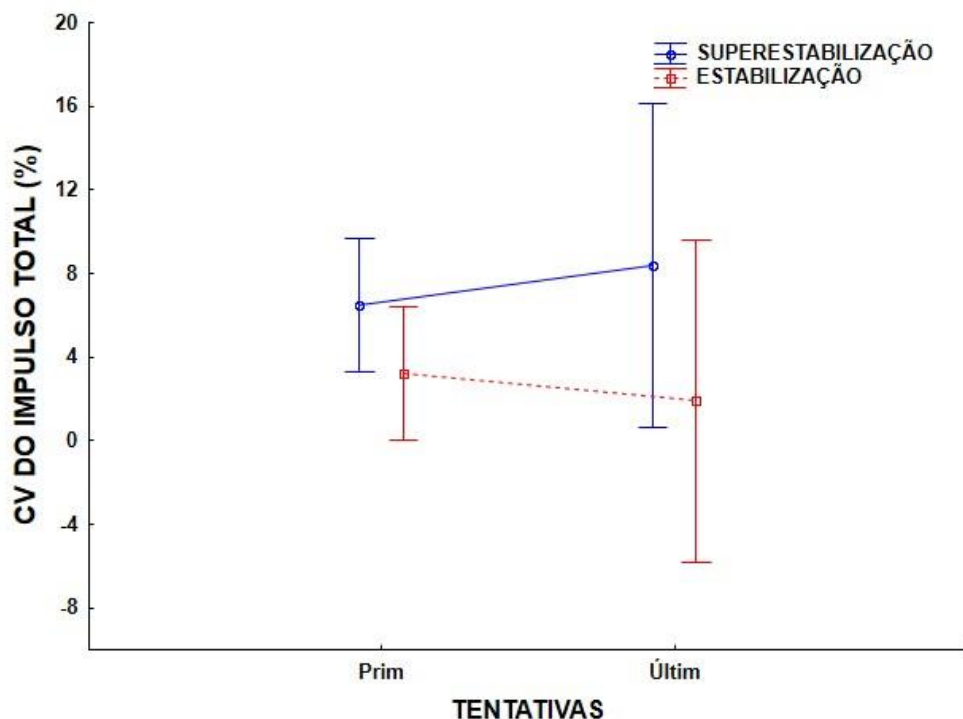
GRÁFICO 20 - Média do impulso total da primeira e última tentativa da fase de estabilização 2.



#  $p < 0,05$  – tentativas

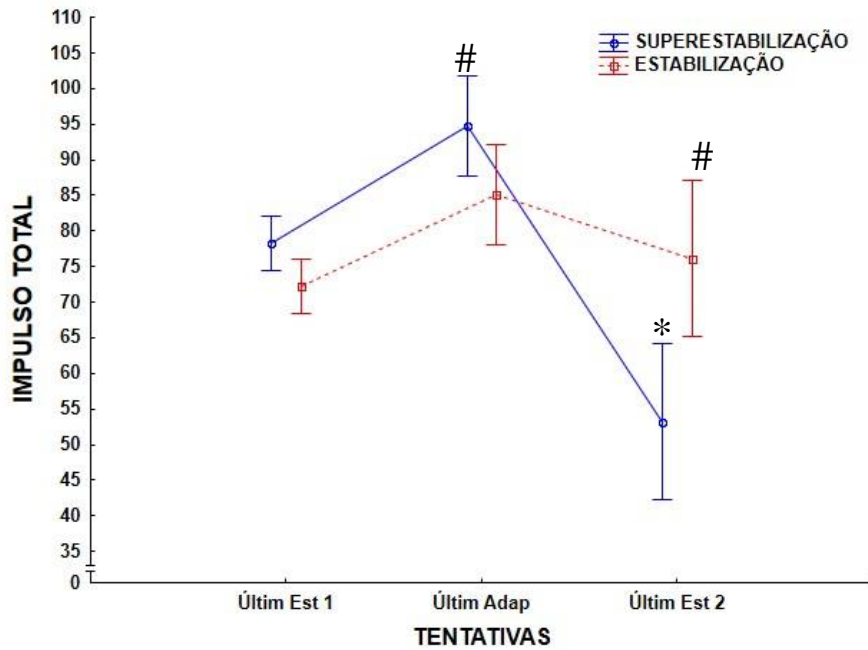
Na análise do coeficiente de variação do impulso total, a ANOVA *two way* (2 grupos x 2 tentativas) não indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 0,008$ ;  $p > 0,05$ ], grupos [ $F(1,18) = 3,329$ ;  $p > 0,05$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 0,294$ ;  $p > 0,05$ ] (GRÁF. 21).

GRÁFICO 21 – Coeficiente de variação do impulso total da primeira e última tentativa da fase de estabilização 2.



A ANOVA *two way* (2 grupos x 3 tentativas), utilizada com dados da média do impulso total para verificar se houve diferença na força total do final de uma fase para outra, indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 42,902$ ;  $p < 0,05$ ] e interação entre grupo e tentativas [ $F(1,18) = 21,189$ ;  $p < 0,05$ ]. O *post hoc* de *Tukey* detectou que a força total na primeira estabilização foi menor do que na adaptação ( $p = 0,0001$ ) e maior do que na segunda estabilização ( $0,001$ ). Além disso, o *post hoc* indicou que a força total na adaptação foi maior do que na segunda estabilização ( $p = 0,0001$ ). O teste de *Tukey* ainda localizou que na estabilização 2, o grupo estabilização apresentou maior força total que o grupo superestabilização ( $p = 0,05$ ). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos [ $F(1,18) = 0,318$ ;  $p > 0,05$ ] (GRÁF. 22).

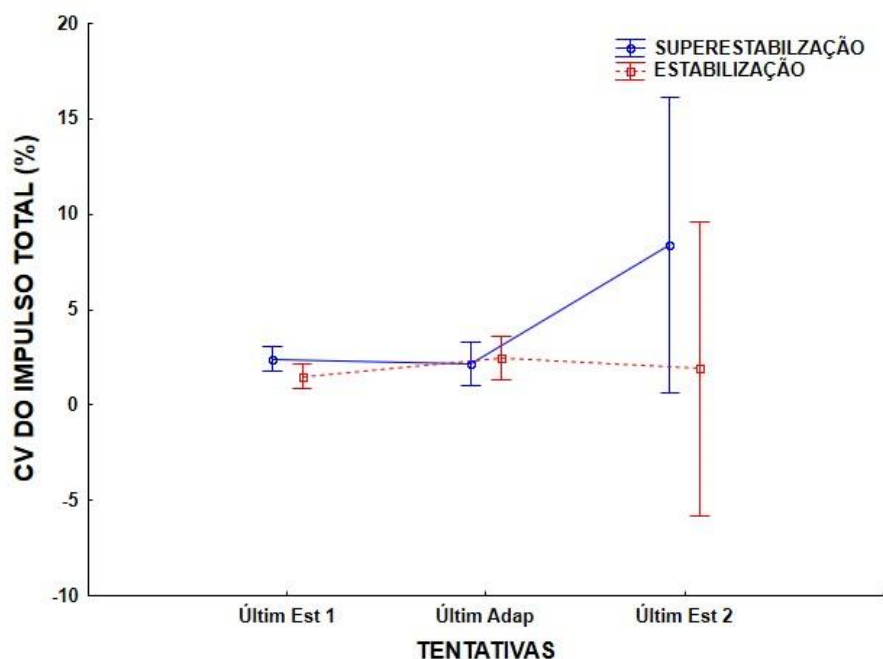
GRÁFICO 22 - Média do impulso total das últimas tentativas nas fases de estabilização 1, adaptação e estabilização 2.



#  $p < 0,05$  – tentativas      \*  $p < 0,05$  – interação

Na análise do coeficiente de variação do impulso total, a ANOVA *two way* (2 grupos x 3 tentativas) não indicou diferença significativa no fator tentativas [ $F(1, 18) = 1,343$ ;  $p > 0,05$ ], grupos [ $F(1,18) = 1,714$ ;  $p > 0,05$ ], bem como na interação entre grupos e tentativas [ $F(1,18) = 1,458$ ;  $p > 0,05$ ] (GRÁF. 23).

GRÁFICO 23 – Coeficiente de variação do impulso total das últimas tentativas nas fases de estabilização 1, adaptação e estabilização 2.



Para verificar o comportamento da macroestrutura foi comparada a força relativa produzida, indicada pelo impulso relativo, entre as três primeiras tentativas e as três últimas tentativas em cada fase do estudo. Para verificar se houve mudança de uma fase para outra do experimento, foram comparados o último bloco das fases de estabilização 1, a adaptação e a estabilização 2.

Os resultados da média mostraram que houve diferença significativa no fator fases Wilks  $\lambda = 0,03283$ ,  $[F(4, 15) = 110,49; p = 0,00000]$ . O post hoc de Tukey indicou que a força relativa da fase de estabilização 1 foi menor que a força relativa na fase de estabilização 2 ( $p < 0,001$ ). Ainda, a força relativa na fase de estabilização 2 foi maior que a força na fase de adaptação ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença significativa no fator grupos Wilks  $\lambda = 1,0000$ ,  $[F(2, 17) = 0,0000; p = 1,0000]$  e na interação entre grupos e fases Wilks  $\lambda = 1,0000$ ,  $[F(4, 15) = 0,0000; p = 1,0000]$  (GRÁF. 24 e GRÁF. 25).



GRÁFICO 24 – Média do impulso relativo dos dois componentes, ao final de cada fase.

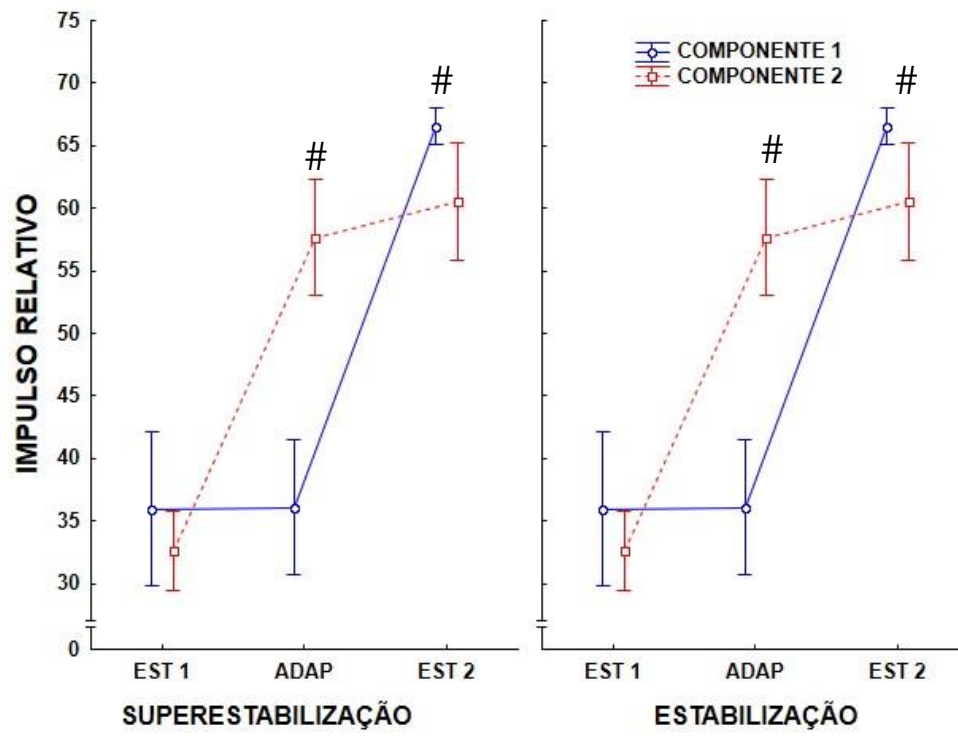
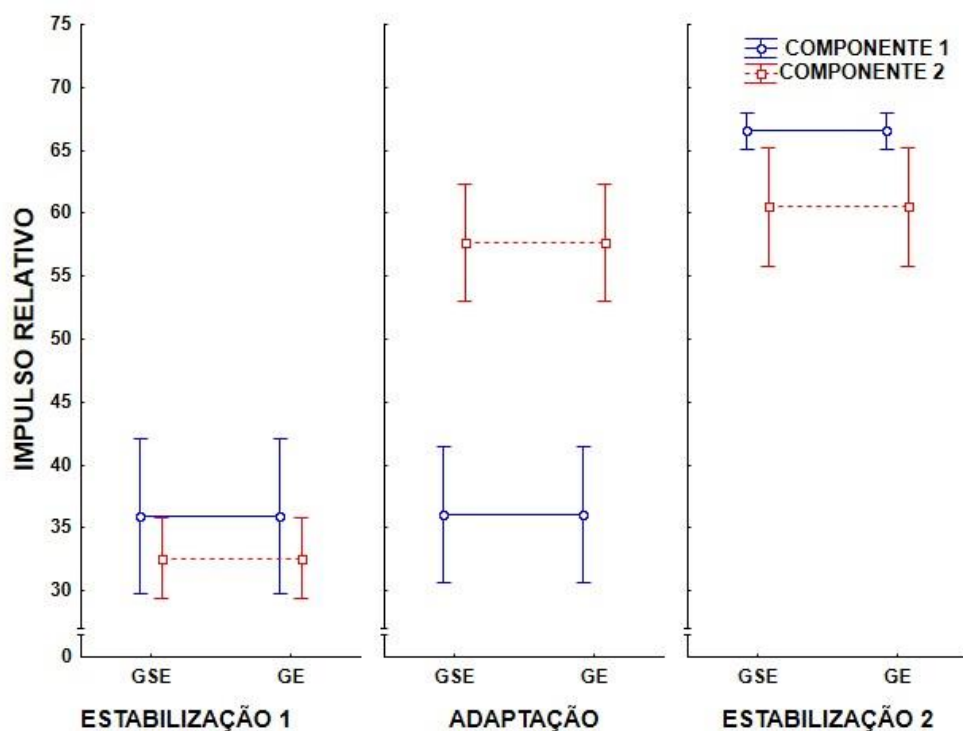
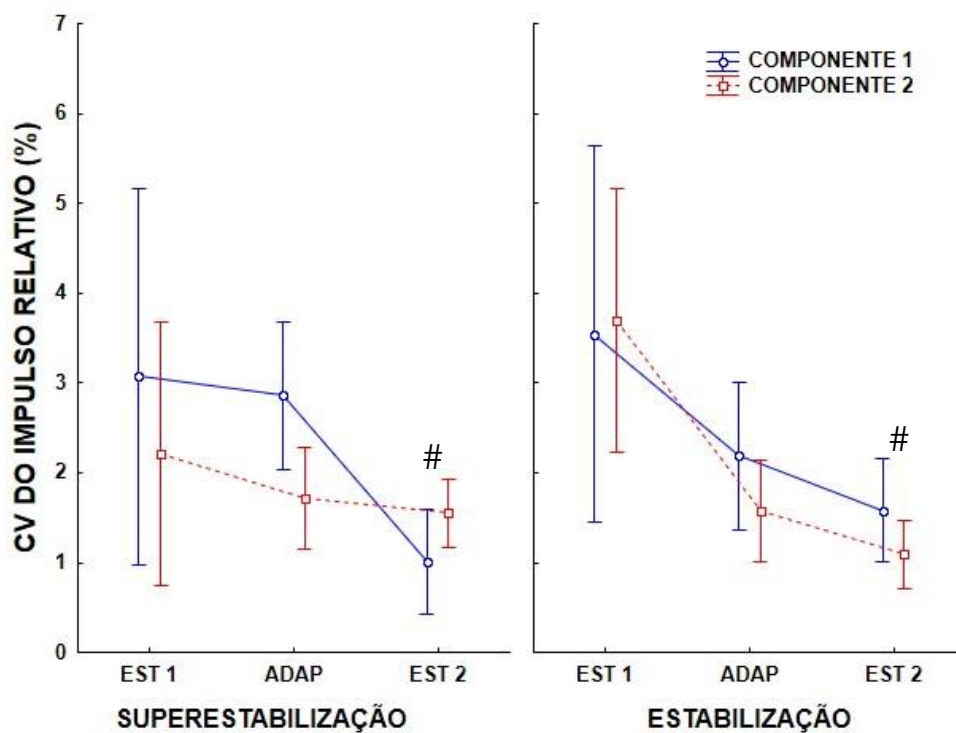
#  $p < 0,05$  – fases

GRÁFICO 25 – Média do impulso relativo dos dois componentes, ao final de cada fase.



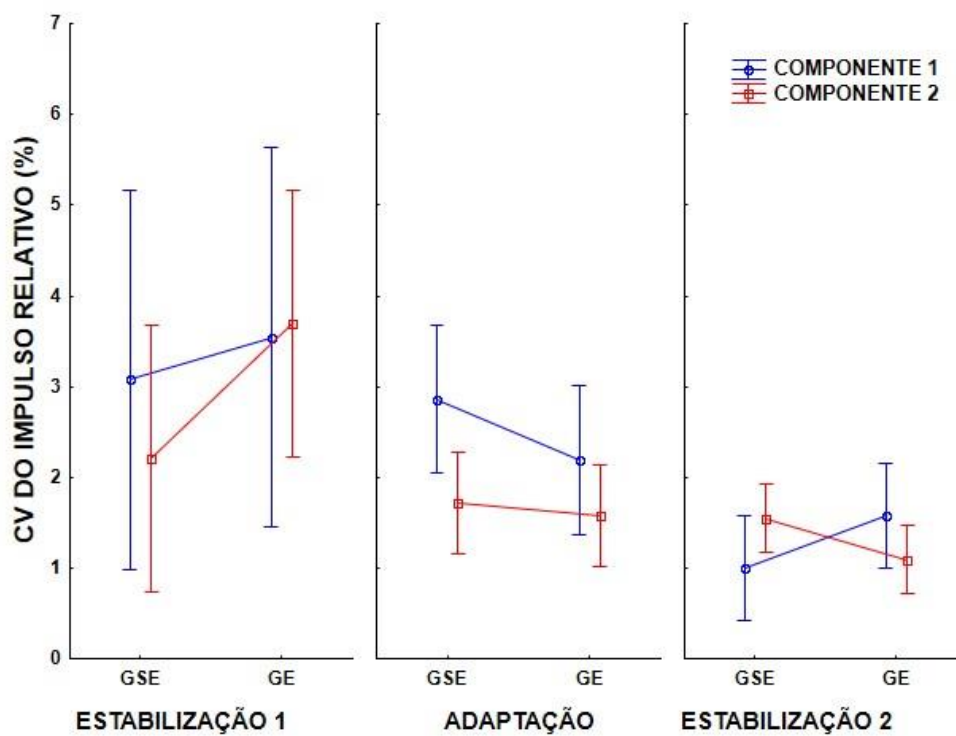
Os resultados do coeficiente de variação mostraram que houve diferença significativa no fator fase Wilks lambda = 0,09713, [F(4, 15) = 34,856; p = 0,00000]. O post hoc de Tukey indicou que houve uma diminuição da variabilidade da fase de estabilização 1 para a fase de estabilização 2 (p < 0,004). Não houve diferença significativa no fator grupos Wilks lambda = 0,94133, [F(2, 17) = 0,52979; p = 0,59814] e na interação entre grupos e fases Wilks lambda = 0,69978, [F(4, 15) = 1,6088; p = 0,22352] (GRÁF. 26 e GRÁF. 275).

GRÁFICO 26 – Coeficiente de variação do impulso relativo dos dois componentes, ao final de cada fase



#  $p < 0,05$  – fases

GRÁFICO 27 – Coeficiente de variação do impulso relativo dos dois componentes, ao final de cada fase.



Para analisar se houve aumento de complexidade da estabilização 1 para a estabilização 2, foi feito um modelo de regressão linear múltipla com a integral da força no momento de mudança de componente, calculada pelo último momento antes de iniciar a mudança da força utilizada no componente 1 até o final do primeiro pico de força do componente 2.

O modelo 1 da regressão linear múltipla indicou uma relação significativa entre o nível de estabilização e a variável dependente, erro no pico de força. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) indica que o nível de estabilização explica 18,9% da variância do erro no pico de força. No segundo modelo, quando inseridas as integrais das primeiras e últimas tentativas de cada fase do experimento através do método *stepwise*, apenas a integral das últimas tentativas da fase de estabilização 1 foi adicionada ao modelo. Isto fez com que o poder de explicação do modelo aumentasse para 42,6%. Além disso, os coeficientes  $b$  padronizados demonstram que o nível de estabilização mais alto proporciona um aumento de 0,321 desvio padrão no erro do pico de força, enquanto que a integral dos componentes da tarefa apresenta uma relação inversa com a variável dependente. A cada acréscimo de um desvio padrão na integral ocorre um declínio de 0,5 desvio padrão do erro no pico de força.

**TABELA 1:** Resultados da regressão logística para relações entre nível de estabilização, interação entre os componentes da tarefa e erro no pico de força.

	$R^2$	$B$ padronizado	$p$
<b>Modelo 1</b>			
Nível de Estabilização	0,189	0,434	0,05
<b>Modelo 2</b>			
Nível de Estabilização	0,426	0,321	0,10
Integral das últimas tentativas da estabilização 1		-0,500	0,017

Variável dependente: Erro no pico de força nas últimas tentativas da estabilização 2

## 7 DISCUSSÃO

O objetivo presente estudo foi verificar se há influência do nível de estabilização no aumento de complexidade adquirido após a passagem por uma fase de adaptação, com a concepção da aquisição de habilidades motoras como um processo adaptativo com alcance de níveis crescente de complexidade (TANI, 1995). Como complementação ao objetivo principal, quatro objetivos específicos foram elaborados. O primeiro foi verificar se os níveis de estabilização apresentam desempenhos distintos nas diferentes fases do experimento. O segundo foi verificar se a macroestrutura dos diferentes níveis de estabilização é distinta na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1. O terceiro foi verificar se a microestrutura dos diferentes níveis de estabilização é distinta na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1. O quarto foi verificar se a complexidade dos diferentes níveis de estabilização é distinta na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1. No geral, os resultados apontam para o suporte ao modelo teórico utilizado. Os resultados serão discutidos em relação às hipóteses apresentadas.

A primeira hipótese do estudo em relação ao desempenho na meta da tarefa apontou que o grupo superestabilização apresentaria melhor desempenho que o grupo estabilização, nas três fases do experimento. Como foi adotado critério de desempenho como requisito para término das fases e feita a comparação entre as três primeiras e três últimas tentativas de cada fase, já era esperado melhora na precisão e da consistência do desempenho do início para o fim de cada fase para ambos os grupos e uma não diferença entre os grupos.

Os resultados mostraram que, na fase de estabilização 1, o grupo superestabilização precisou de mais tentativas para atingir o seu critério de desempenho. Contudo, este nível de estabilização proporcionou uma maior capacidade de modificação, visto que precisou de uma menor quantidade de tentativas para modificar a estrutura aprendida na primeira fase e estabilizar o desempenho novamente para adaptar. Em conjunto, estes resultados dão suporte para afirmar que o desempenho critério estabelecido para o estudo foi capaz de formar grupos com níveis distintos de aprendizagem. Ainda, pode-se especular que a necessidade de alcançar várias vezes o critério de desempenho estabelecido fez com que o grupo superestabilização tivesse a oportunidade de obter mais informações sobre a tarefa, através da busca por diferentes soluções sobre como executar a tarefa (i.e., *playful behavior* ou comportamento exploratório), fazendo que esse grupo adquirisse maior competência na

primeira fase (BENDA, 2001). Essa maior competência foi utilizada para lidar com a perturbação, já que o grupo superestabilização precisou de um menor número de tentativas para adaptar. Assim, o retorno ao desempenho estável e adaptação mais rápida deve ser por haver mais informação disponível, adquirida na primeira fase, para modificar quando enfrenta a perturbação. Esse melhor desempenho do grupo superestabilização já foi demonstrado em outros estudos. (UGRINOWITSCH *et al.*, 2014; CORRÊA *et al.*, 2015).

Já na fase de estabilização 2, os resultados não apontaram diferença no número de tentativas para atingir o critério de estabilização adotado. Esse resultado é um indicativo que a perturbação extrínseca deixou os dois grupos similares, minimizando os efeitos da primeira fase. Aqui, pode-se destacar a necessidade da perturbação como aspecto necessário para a quebra da estabilidade do sistema a fim de alcançar estados mais complexos de organização (TANI, 2005). E independente da origem, tanto a perturbação intrínseca advinda da continuidade da prática após o alcance da estabilização, quanto a perturbação extrínseca proveniente da alteração do componente da tarefa (i.e., alteração no percentual de força a ser produzido) se constituíram em agentes causadores de mudança em direção a estados de maior complexidade.

O modelo teórico do processo adaptativo propõe que para haver um aumento de complexidade da habilidade praticada, é necessário enfrentar perturbações e adaptar novamente. Os presentes resultados, apesar de serem indiretos, indicam que o grupo superestabilização passou por este ciclo de instabilidade e estabilidade durante a estabilização 1. Mais especificamente, o grupo superestabilização teve que passar por vários momentos com o desempenho estável (i.e., critério de desempenho), que eram alternados com momentos de desempenho não estável, quando o erro extrapolava a faixa critério e também aumentava a variabilidade. Esta variabilidade foi observada por Ugrinowitsch *et al.* (2014) e Corrêa *et al.* (2015), e tem sido considerado como uma variabilidade que facilita a adaptação (TANI, 2000; BENDA, 2000; BENDA *et al.*, 2008). A possível explicação para a ausência de diferença entre os grupos na variabilidade do desempenho durante a estabilização 1, pode ser dada pela natureza da tarefa. Por ser uma habilidade de controle de força isométrica, apresenta um alto grau de variabilidade, o que é confirmado por ser a tarefa mais utilizada para investigar a variabilidade (SLIFKIN; NEWELL, 1999; PORTES, 2014). Essa elevada variabilidade dificulta a visualização da natureza distinta da mesma, mesmo sendo de igual magnitude.

A hipótese levantada em relação ao comportamento da macroestrutura foi que ambos os níveis de estabilização apresentariam organizações estruturais da tarefa distintas na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1. Os resultados dão suporte à confirmação dessa hipótese, já os grupos apresentaram força relativa diferente entre a primeira e segunda estabilização. Esses resultados podem confirmar que a fase de adaptação resultou em quebra da estabilidade funcional adquirida durante a fase de estabilização com a padronização da interação entre os componentes da habilidade. Para lidar com a perturbação, houve a necessidade de reorganização dessa interação. Quando ocorre essa reorganização, é possível falar de aumento de complexidade (TANI, 2005; 2016) no sistema neuromotor, já que a organização apresentada pode ser devido ao aumento de informação resultante da perturbação, a qual poderia ter como consequência o aumento das possibilidades de interação entre os componentes. No presente estudo, o fato de haver o retorno às condições da estabilização 1, dá mais respaldo para falar em aumento de complexidade, pois é possível afirmar que a mudança ocorrida não é consequência da restrição imposta pela perturbação inserida, mas que é uma mudança da estrutura de controle.

Estes resultados também dão suporte à concepção do modelo teórico de Processo Adaptativo, de que o tipo de adaptação depende da interação entre o tipo/magnitude da perturbação e o nível de estabilização existente (TANI, 2005; UGRINOWITSCH; TANI, 2005). A perturbação de mudança de força é uma alteração nos parâmetros da tarefa, mas ainda assim houve mudança na macroestrutura. Assim como em estudos anteriores, perturbações paramétricas levaram a adaptações estruturais (CORRÊA *et al.*, 2010; UGRINOWITSCH *et al.*, 2011; DE PAULA PINHEIRO *et al.*, 2015).

Além disso, esses resultados são similares aos encontrados por Ugrinowistch *et al.* (2008; 2014), no qual a perturbação suscitou a reorganização temporal entre os componentes de uma tarefa de timing coincidente. No presente estudo, a reorganização entre os componentes se deu por um aumento do percentual de contribuição para a realização da força total, especificamente do componente 2. Essa modificação foi requerida pela perturbação inserida no estudo, a qual exigiu aumento da produção da força no segundo componente.

Ainda em relação ao comportamento da macroestrutura, era esperado que a prática além da estabilização do desempenho resultasse em maior variabilidade na macroestrutura que a prática até estabilização ao final da fase de estabilização 1, quando comparada ao final da

fase de estabilização 2. Os resultados mostraram que a variabilidade ao final da fase de estabilização 1 foi maior que a variabilidade encontrada no final da estabilização 2. Tais resultados corroboram a ideia do papel funcional da variabilidade (BENDA, 2001; TANI, 2000) e encontrados por Ugrinowitsch *et al.* (2014). Essa variabilidade apresentada na fase de estabilização 1 foi benéfica para lidar com a perturbação e viabilizar a adaptação. Essa maior variabilidade parece estar relacionada à flexibilidade que pode permitir adaptação às perturbações (MANOEL; CONNOLLY, 1997; TANI, 2000; MANOEL *et al.*, 2002). Pelo fato de os participantes praticarem a estabilização 1 até alcançarem o critério de desempenho, pode-se afirmar que a maior variabilidade encontrada ao final dessa fase diferencia-se da variabilidade relacionada ao erro encontrada nos estágios iniciais de aprendizagem. Esse resultado de maior variabilidade encontrada em medida que representa a macroestrutura do PAHO pode ser um acréscimo ao modelo do processo adaptativo, indicando que a variabilidade benéfica para adaptar também pode ser encontrada na macroestrutura. Ugrinowitsch *et al.* (2014) mostrou que variabilidade da macroestrutura também tem relação positiva com a adaptação. Estes autores também afirmam que a variabilidade em nível da macroestrutura pode ter sido benéfica para possibilitar uma nova organização dos componentes, na fase de adaptação, mas somente quando observada quando a prática vai além da estabilização do desempenho.

No que concerne ao comportamento da microestrutura, era esperado que as práticas até e além da estabilização do desempenho apresentassem aspectos totais da tarefa distintos na estabilização 2, quando comparada à estabilização 1. Os resultados confirmam a hipótese levantada, pois houve uma diminuição da força total da fase de estabilização 1 para 2. Ainda, na fase de estabilização 2, o grupo superestabilização apresentou menor força total que o grupo estabilização. Esses resultados confirmam a influência da fase de adaptação para a mudança no comportamento também da microestrutura. Parece que lidar com a perturbação que demandou aumento da produção de força, levou os grupos a ficarem mais eficientes, no sentido de produzir menos força que a fase de estabilização 1, apresentando, no entanto, o mesmo desempenho. Nesse contexto, pode-se falar em uma maior eficiência do superestabilização, pois a informação já adquirida pelo alcance do desempenho critério diversas vezes durante a fase de estabilização, bem como a informação adquirida após lidar com as perturbações, fez com o que o grupo apresentasse o mesmo desempenho em relação ao alcance da meta, entretanto, com maior eficiência.



Em relação ao comportamento da variabilidade da microestrutura, era esperado que a prática além da estabilização do desempenho apresentasse maior variabilidade na microestrutura que a prática até estabilização ao final da fase de estabilização 1, quando comparada ao final da fase de estabilização 2. Os resultados demonstraram que essa hipótese não foi confirmada, pois além de não haver diferença no cv entre os grupos, a variabilidade também não foi diferente entre as fases. Entretanto, mesmo contrariando os resultados encontrado por Ugrinowitsch *et al.* (2011) que verificou aumento da variabilidade de desempenho do grupo superestabilização ao final da fase de estabilização e desempenho preciso perante as perturbações, indicando a variabilidade como flexibilidade da estrutura de controle, a ausência de diferença de variabilidade entre as fases e grupos, no presente estudo não pode ser encarada como rigidez do comportamento, dado que os grupos se adaptaram e apresentaram modificação na estrutura de controle para lidar com a perturbação.

No que concerne à mudança da complexidade, era esperado que a prática além da estabilização proporcionasse maior ganho de complexidade em relação à prática até a estabilização, na estabilização 2 quando comparada à estabilização 1. Os resultados demonstrados pela regressão indicaram que o grupo superestabilização proporciona um aumento de 0,321 desvio padrão no erro do pico de força, enquanto que a integral dos componentes da tarefa apresenta uma relação inversa com a variável dependente. A cada acréscimo de um desvio padrão na integral ocorre um declínio de 0,5 desvio padrão do erro no pico de força.

Uma tarefa que tem mais que um componente, o aumento de complexidade é observado não somente no tempo gasto na interação entre eles, mas principalmente na forma que acontece a interação. Os estudos anteriores sobre processo adaptativo apresentaram importantes resultados que deram indícios de mudança na relação temporal entre os componentes. o presente estudo vai além, pois além da força (variável manipulada no presente estudo), também mostra a força da interação. Esta força na interação, observada no tempo e eficiência na execução, são medidas que agregam às já existentes sobre o aumento de complexidade após passar por ciclos de instabilidade-estabilidade, pois é uma medida mais direta sobre a complexidade, um dos ponto-chaves do modelo utilizado no presente estudo.

O grupo que atingiu a superestabilização do desempenho durante a estabilização 1, conseguiu fazer a transição do componente 1 para o componente 2 de forma mais rápida e com menor

erro quando estava na estabilização 2. Diferente dos estudos de Benda (2001), Corrêa *et al.* (2010) e Ugrinowitsch *et al.* (2014), este estudo buscou uma medida específica para testar se a passagem por ciclos de instabilidade-estabilidade leva ao aumento da complexidade na habilidade praticada. Além disso, o delineamento permitiu testar a organização do PAOH e da complexidade após se adaptar à perturbação, mas em uma mesma tarefa daquela praticada no início da aprendizagem. Isso implica em não haver alteração nos *constraints* da tarefa, o que elimina a influência desta variável nas medidas encontradas. No geral, os resultados confirmaram que a passagem por ciclos de instabilidade-estabilidade leva não só à modificação da macroestrutura, mas também da sua complexidade e dão suporte ao modelo teórico do Processo Adaptativo em Aprendizagem Motora.

## **8 CONCLUSÃO**

O presente estudo testou um pressuposto do modelo teórico Processo Adaptativo em Aprendizagem Motora, de que a passagem pelo ciclo de instabilidade-estabilidade leva ao aumento da complexidade da habilidade praticada. Para isso, estas medidas foram comparadas em dois momentos distintos, mas com exatamente a mesma tarefa. As variáveis mensuradas de macroestrutura e de complexidade mostraram uma nova organização no segundo momento, após se adaptarem à uma perturbação entre os dois momentos avaliados. Tais resultados dão suporte ao modelo teórico, pois ao final do experimento havia uma nova organização da macroestrutura que era mais eficiente na interação dos componentes da tarefa, o que mostra o aumento de complexidade proposto pelo modelo.

## REFERÊNCIAS

BENDA, R. N. **Variabilidade e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. 2001. 351 f. Tese (Doutorado) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BENDA, R. N. Sobre a natureza da aprendizagem motora: mudança e estabilidade... e mudança. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 20, Sup. 5, p. 43-45, 2006.

BENDA, R. N.; TANI, G. Variabilidade e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras. In: TANI, G. (Org.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005, v. 1, p. 129-140.

BERNSTEIN, N. A. **The co-ordination and regulation of movements**. Oxford: Pergamon, 1967.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.

CATUZZO, M. T. **O ciclo instabilidade-estabilidade-instabilidade no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2007. 246 f. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CORRÊA, U. C. **Estrutura de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. 2001. 220 f. Tese (Doutorado) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CORRÊA, U. C. *et al.* Practice schedule and adaptive process in the acquisition of a manual force control task. **Journal of Human Movement Studies**, v. 44, p. 121-138, 2003.

CORRÊA, U. C. *et al.* Different faces of variability in the adaptive process of motor skill learning. **Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences**, v. 19, n. 4, p. 465-487, 2015.

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

DORON, R; PAROT, F. **Dicionário de psicologia**. São Paulo: Ática, 1998.

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

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. **Human performance.** Belmont: Brooks/Colemann, 1967.

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

FONSECA, F. S. *et al.* Extensive practice improves adaptation to unpredictable perturbations in a sequential coincident timing task. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v. 517, n. 2, p. 123-127, 2012.

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

HOLLAND, J. H. Hidden order: **How adaptation builds complexity.** New York: Addison-Wesley Publishing, 1995.

LEWIN, R. **Complexidade: a vida no limite do caos.** Rio de Janeiro: Rocco, 1994.

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

MANOEL, E. J. *et al.* Modularity and hierarchical organization of actions programs in the acquisition of graphic skills. **Neuroscience Letters**, v. 328, n. 3, p. 125-36, 2002.

MANOEL, E. J.; CONNOLLY, K. J. Variability and the development of skilled actions. **International Journal of Psychophysiology**, v. 19, p. 129-47, 1995

MARUYAMA, M. The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes. **American Scientist**, v. 5, n. 2, p. 164-179, 1963.

PORTES, L.L.S. **Aspectos estruturais da variabilidade no processo de aprendizagem de uma tarefa de controle de força isométrica**. 2014. 165f. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

RIFKIN, J. **Entropy: a new world view**. New York: The Viking Press, 1980.

SANTOS, S.P. **Efeitos do nível de estabilização do desempenho na adaptação às perturbações imprevisíveis em tarefas de características de controle distintas**. 2015. 138f. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SLIFKIN, A. B.; NEWEEL, K. M. Noise, information transmission, and force variability. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Learning**, v. 25, n. 3, p. 837-851, 1999.

TANI, G. **Organização hierárquica do comportamento motor humano**. Sheffield: Department of Psychology/University of Sheffield, 1995.

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

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

TANI, G. *et al.* Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 6, n. 1, p. 16-25, 1992.

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

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

UGRINOWITSCH, H. *et al.* Perturbação perceptiva e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de timing coincidente. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 277-284, 2005.

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

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

UGRINOWITSCH, H. *et al.* Adaptação e aumento de complexidade no sistema motor. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 12., 2008, Porto Alegre. Porto Alegre: Ciência do Desporto e Educação Física dos Países de Língua Portuguesa, 2008.

UGRINOWITSCH, H.; BASSO, L.; AMBROSIO, N. F. A.; TANI, G. Níveis de estabilização e processo adaptativo em aprendizagem motora. In: TANI, G. (Org.). **Comportamento motor: conceitos, estudos e aplicações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016, v. 1, p. 47-54.

UGRINOWITSCH, H. *et al.* Motor Skill Adaptation depends on the Level of Learning. **International Journal of Human and Social Sciences**, v. 6, p. 177-181, 2011.

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

WEINER, N. **Cybernetics**. Nova York: Jonh Wiley & Sons, 1948.

## APÊNDICE A

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### Via do Voluntário

Você está sendo convidado a participar de um estudo realizado pelo Grupo de Estudos em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEDAM), da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a coordenação do Prof. Dr. Herbert Ugrinowistch e realizado pela doutoranda Maria Flávia Soares Pinto Carvalho. O objetivo deste estudo é investigar os efeitos do nível de estabilização do desempenho no aumento de complexidade no processo adaptativo em aprendizagem motora.

O estudo consistirá em três fases experimentais que ocorrerão em três dias consecutivos e nestas fases você realizará uma tarefa de controle de força que será devidamente explicada pelo pesquisador anteriormente ao experimento, e em qualquer momento que você requisite. A tarefa proposta não oferece risco aos participantes além daqueles presentes em atividades cotidianas, pois as demandas são semelhantes às de tarefas do dia-a-dia (Ex: segurar uma caixa). A coleta de dados será realizada em local apropriado e você será sempre acompanhado por um dos responsáveis pela pesquisa.

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

Os benefícios da pesquisa incluem conhecer os efeitos das diferentes quantidades de prática no comportamento adaptativo e produção e disseminação de conhecimento através de artigos científicos que esta pesquisa irá gerar.

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

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com o professor Dr. Herbert Ugrinowitsch, pelo telefone (0xx31) 3409-2393 ou pelo e-mail: herbertu@ufmg.br. Caso tenha dúvidas relativas às questões éticas, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG) situado à Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar – sala 2005 – CEP 31270-901, Belo Horizonte/MG, pelo telefax (0xx31) 3409-4592.

Belo Horizonte, de de 2017.

---

Assinatura do Responsável

---

Assinatura do Voluntário



## APÊNDICE B

Médias do número de tentativas para alcançar o critério de desempenho adotado para o estudo dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). Blocos 1, 2 e 3 representam as fases de estabilização 1, de adaptação e estabilização 2, respectivamente.

	BL1	BL2	BL3
GS	145	15	8
GS	95	49	11
GS	172	45	5
GS	194	55	13
GS	74	28	12
GS	79	69	7
GS	123	31	5
GS	137	36	16
GS	93	66	7
GS	124	44	9
GE	44	27	22
GE	84	128	5
GE	54	128	5
GE	110	57	17
GE	99	55	5
GE	124	95	9
GE	55	131	8
GE	40	42	5
GE	65	127	11
GE	75	88	10

### APÊNDICE C

Médias de RMSE dos dois componentes dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). C1 e C2 representam o primeiro e o segundo percentuais da tarefa, respectivamente. Blocos 1 e 2 representam a fase de estabilização 1, blocos 3 e 4 representam a fase de adaptação e os blocos 5 e 6 representam a fase de estabilização 2.

	B1C1	B2C1	B3C1	B4C1	B5C1	B6C1	B1C2	B2C2	B3C2	B4C2	B5C2	B6C2
GS	9,228	4,980	5,561	4,731	7,070	5,042	12,573	2,836	7,148	2,736	2,447	1,359
GS	12,699	5,057	6,760	4,887	7,039	4,697	17,711	2,708	3,952	3,327	2,016	2,629
GS	8,058	5,291	7,161	5,416	5,223	5,326	7,496	2,940	5,834	2,859	2,133	2,438
GS	8,054	4,761	7,319	5,028	9,114	4,957	10,961	1,740	6,342	3,174	1,849	2,582
GS	12,631	4,745	5,427	5,506	6,797	5,142	11,574	2,703	4,324	2,183	1,832	1,539
GS	11,100	5,101	7,616	4,184	8,113	5,165	8,281	2,522	8,772	2,936	4,887	2,192
GS	9,338	5,661	8,082	5,572	6,881	4,782	9,878	2,826	3,624	3,016	1,467	2,189
GS	7,957	4,436	7,556	5,044	6,479	4,235	9,153	2,998	4,235	1,700	3,227	1,913
GE	9,312	5,494	8,518	5,149	5,973	4,732	10,249	1,867	4,883	2,420	2,066	1,833
GE	7,115	4,709	7,645	4,937	6,691	4,572	4,568	2,190	5,959	2,679	2,101	2,290
GE	9,644	3,843	7,147	4,627	6,507	5,318	10,161	3,146	4,393	2,439	1,760	2,719
GE	7,272	4,871	6,266	5,356	5,207	4,862	10,972	2,703	8,242	3,256	1,517	1,425
GE	10,496	4,668	6,854	5,002	6,317	4,862	11,132	1,404	5,802	3,018	4,077	2,830
GE	9,362	4,143	7,510	5,292	7,384	5,526	11,644	3,063	4,779	2,934	2,103	1,793
GE	12,191	4,758	8,366	5,191	7,859	4,921	13,817	2,513	5,119	2,232	3,968	2,237
GE	9,162	5,002	7,813	5,096	7,520	5,145	10,514	3,886	4,538	1,920	3,201	2,450
GE	7,995	4,839	7,505	5,049	7,462	4,523	7,331	2,847	2,663	3,293	2,230	2,087
GE	10,014	5,433	8,854	5,074	6,190	5,312	12,971	3,336	4,775	3,104	1,643	1,930

### APÊNDICE D

Coeficientes de variação de RMSE dos dois componentes dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). C1 e C2 representam o primeiro e o segundo percentuais da tarefa, respectivamente. Blocos 1 e 2 representam a fase de estabilização 1, blocos 3 e 4 representam a fase de adaptação e os blocos 5 e 6 representam a fase de estabilização 2.

	B1C1	B2C1	B3C1	B4C1	B5C1	B6C1	B1C2	B2C2	B3C2	B4C2	B5C2	B6C2
GS	96,854	6,636	16,468	12,743	11,537	7,971	37,907	23,309	30,297	21,346	19,577	7,693
GS	16,725	19,067	11,895	12,056	14,717	6,683	9,355	12,671	48,503	34,468	39,353	65,894
GS	23,977	16,660	13,931	8,532	24,238	12,334	15,942	35,878	17,657	42,472	26,485	26,756
GS	25,758	18,825	28,716	4,125	0,942	6,805	11,525	40,956	20,900	17,971	3,620	14,594
GS	35,492	6,155	36,738	4,320	31,125	17,372	16,816	18,440	33,102	14,744	29,605	23,590
GS	29,822	26,492	33,788	3,570	32,391	13,745	14,699	44,649	30,174	31,180	5,714	18,625
GS	37,419	16,968	16,346	7,622	22,033	6,442	40,129	7,096	32,748	22,877	24,154	14,534
GS	24,905	5,852	32,109	6,071	14,056	5,118	36,489	30,063	30,359	37,680	42,667	5,294
GS	32,629	4,797	22,104	4,098	33,795	3,302	15,860	31,534	34,420	17,344	46,603	49,696
GS	10,436	3,218	33,087	7,427	6,617	13,460	13,041	16,498	33,001	15,391	100,772	50,078
GE	11,440	6,350	6,964	8,959	20,271	10,812	20,660	22,010	8,296	38,386	62,377	82,388
GE	31,876	12,520	22,939	15,201	0,389	5,365	46,336	12,551	46,126	26,027	20,466	53,795
GE	6,822	23,584	13,631	5,794	2,420	9,956	4,993	14,402	27,358	11,396	43,807	42,861
GE	13,498	16,097	27,176	8,028	29,524	5,224	19,700	34,556	30,595	14,217	58,315	19,432
GE	31,964	10,695	14,885	18,989	13,034	11,058	10,071	4,263	16,712	22,024	41,098	34,386
GE	9,270	8,216	15,218	3,580	9,744	7,651	69,603	19,896	7,982	23,702	20,352	31,116
GE	14,903	19,163	42,694	6,404	60,703	11,858	29,143	22,147	63,827	25,609	31,343	42,182
GE	12,036	8,647	20,689	8,230	29,191	6,433	34,442	11,477	3,090	6,916	24,529	20,984
GE	13,505	28,824	41,154	1,379	10,681	7,314	9,285	43,325	13,059	29,897	13,498	19,068
GE	35,027	11,488	51,550	8,331	22,942	9,516	26,698	3,960	34,948	49,682	41,184	50,067

### APÊNDICE E

Médias da força total dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). Blocos 1 e 2 representam a fase de estabilização 1, blocos 3 e 4 representam a fase de adaptação e os blocos 5 e 6 representam a fase de estabilização 2.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
GS	98,153	79,406	92,739	95,938	78,946	79,402
GS	61,197	77,133	93,232	93,840	77,102	40,159
GS	65,143	79,578	92,758	93,820	78,425	44,135
GS	63,898	78,641	95,543	95,925	63,539	81,303
GS	63,442	80,536	97,863	94,522	82,752	42,961
GS	62,449	76,383	92,758	94,685	75,794	41,904
GS	69,424	77,742	88,866	93,749	78,871	40,812
GS	63,931	80,045	91,870	98,366	79,697	41,853
GS	61,309	76,049	94,650	93,347	79,726	39,596
GS	40,694	77,299	91,661	93,642	80,834	80,005
GE	60,706	79,873	90,772	94,096	73,733	77,224
GE	60,107	77,160	84,020	96,381	78,301	77,546
GE	66,187	62,707	66,279	67,200	61,762	62,413
GE	49,705	79,552	92,180	98,239	84,082	82,077
GE	63,955	76,348	97,166	96,619	82,671	82,333
GE	54,837	78,462	92,767	95,121	79,772	80,823
GE	68,214	62,907	67,452	70,118	66,340	64,258
GE	73,664	63,712	64,069	66,255	62,840	62,461
GE	63,117	62,970	71,709	68,265	66,460	63,994
GE	60,747	78,233	92,274	98,868	92,893	107,896

### APÊNDICE F

Coeficientes de variação da força total dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). Blocos 1 e 2 representam a fase de estabilização 1, blocos 3 e 4 representam a fase de adaptação e os blocos 5 e 6 representam a fase de estabilização 2.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
GS	68,569	3,087	4,465	2,717	4,510	54,799
GS	16,161	3,858	2,205	3,053	3,685	4,395
GS	7,519	2,285	3,981	3,670	10,044	6,749
GS	19,320	3,686	4,742	2,428	24,576	1,047
GS	7,315	1,429	6,598	2,037	2,800	4,575
GS	34,890	0,431	2,838	1,161	4,806	3,878
GS	10,720	2,135	8,435	0,880	4,176	2,110
GS	3,689	1,464	2,953	0,683	4,602	2,753
GS	18,597	2,107	2,041	3,190	1,609	1,925
GS	25,363	3,754	2,554	1,942	4,404	1,629
GE	2,990	1,342	2,376	8,074	3,161	2,922
GE	14,652	0,767	9,553	1,706	2,977	1,331
GE	13,834	1,607	2,148	1,176	3,774	2,179
GE	10,801	1,004	8,024	1,241	2,772	2,356
GE	37,687	1,526	2,940	1,335	2,819	1,540
GE	5,751	1,670	2,546	1,834	1,573	2,969
GE	10,872	1,198	4,675	4,430	4,306	2,488
GE	6,632	3,661	9,385	0,671	3,709	1,276
GE	15,958	1,495	5,466	1,716	5,220	1,731
GE	33,910	0,857	9,213	2,648	1,876	0,203

### APÊNDICE G

Médias das forças relativas dos dois componentes dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). C1 e C2 representam o primeiro e o segundo percentuais da tarefa, respectivamente. Blocos 1 e 2 representam a fase de estabilização 1, blocos 3 e 4 representam a fase de adaptação e os blocos 5 e 6 representam a fase de estabilização 2.

	B1C1	B2C1	B3C1	B4C1	B5C1	B6C1	B1C2	B2C2	B3C2	B4C2	B5C2	B6C2
GS	39,104	36,576	34,203	31,261	35,178	37,575	60,790	63,352	65,713	68,657	64,736	62,284
GS	36,254	34,369	31,976	30,855	32,172	33,460	63,681	65,563	67,945	69,058	67,751	66,458
GS	35,999	36,556	32,322	31,241	33,700	34,486	63,916	63,279	67,605	68,671	66,186	65,440
GS	29,462	36,669	34,505	31,321	38,373	34,896	70,428	63,195	65,405	68,549	61,525	65,024
GS	34,742	36,927	36,843	30,736	36,453	36,167	65,188	62,957	63,079	69,184	63,402	63,744
GS	24,809	35,951	31,597	31,593	32,569	33,726	75,098	63,930	68,329	68,276	67,335	66,168
GS	33,256	35,716	29,346	30,282	35,894	34,787	66,675	64,204	70,571	69,611	64,011	65,132
GS	34,076	34,512	31,598	31,158	34,834	35,337	65,850	65,396	68,312	68,732	65,076	64,563
GS	30,208	34,628	31,761	30,756	33,960	35,657	69,726	65,298	68,140	69,157	65,949	64,261
GS	34,566	34,588	32,643	31,046	33,260	34,592	65,331	65,343	67,278	68,844	66,628	65,325
GE	35,307	35,778	31,388	31,041	33,521	35,981	64,636	64,131	68,531	68,874	66,401	63,936
GE	33,171	37,449	30,952	32,089	36,443	34,776	66,753	62,477	68,969	67,819	63,458	65,149
GE	26,280	29,518	32,058	32,102	32,208	30,337	51,358	49,694	63,131	65,932	52,172	50,503
GE	31,802	38,269	30,075	32,133	34,020	34,495	68,128	61,641	69,840	67,771	65,861	65,412
GE	27,959	35,863	34,382	31,423	36,936	36,100	71,944	64,015	65,514	68,479	62,978	63,820
GE	67,348	59,862	48,479	45,439	53,878	57,374	44,326	62,548	67,306	68,723	64,919	63,496
GE	20,287	28,761	28,813	27,340	25,731	28,265	43,687	48,890	59,313	64,346	50,833	50,917
GE	18,200	28,488	33,005	31,959	30,418	29,791	52,290	50,124	58,971	62,972	51,536	49,682
GE	22,348	29,093	25,332	29,485	34,036	38,211	38,351	49,581	64,402	63,616	67,161	68,055
GE	36,805	36,536	29,689	32,888	35,931	35,590	63,117	63,388	70,229	67,033	63,994	64,339

### APÊNDICE H

Coeficientes de variação das forças relativas dos dois componentes dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). C1 e C2 representam o primeiro e o segundo percentuais da tarefa, respectivamente. Blocos 1 e 2 representam a fase de estabilização 1, blocos 3 e 4 representam a fase de adaptação e os blocos 5 e 6 representam a fase de estabilização 2.

	B1C1	B2C1	B3C1	B4C1	B5C1	B6C1	B1C2	B2C2	B3C2	B4C2	B5C2	B6C2
GS	25,000	2,963	5,755	3,136	6,265	3,043	16,219	1,712	3,001	1,410	3,402	1,995
GS	10,830	4,916	4,384	1,137	2,265	3,323	6,152	2,568	2,084	0,512	1,053	1,663
GS	3,137	3,776	4,367	5,935	22,233	4,230	1,748	2,147	2,088	2,699	11,327	2,235
GS	26,518	4,879	7,791	2,082	5,743	1,970	11,060	2,888	4,142	0,947	3,580	1,057
GS	4,024	3,558	2,839	2,529	3,540	2,871	2,147	2,039	1,638	1,133	1,990	1,628
GS	53,413	1,624	5,482	1,831	8,735	3,207	17,613	0,962	2,518	0,932	4,228	1,637
GS	12,844	2,158	14,953	2,030	1,039	4,469	6,406	1,211	6,226	0,954	0,594	2,389
GS	5,900	2,884	1,142	0,661	3,031	1,485	3,050	1,529	0,495	0,254	1,661	0,763
GS	17,473	0,877	6,355	1,201	4,832	0,953	7,565	0,460	2,968	0,542	2,483	0,520
GS	31,676	3,115	5,703	1,604	6,626	3,073	16,756	1,640	2,737	0,667	3,306	1,612
GE	10,554	2,243	5,620	7,995	6,574	1,511	5,762	1,247	2,586	3,600	3,353	0,852
GE	17,233	1,811	13,101	4,919	6,047	2,407	8,569	1,088	5,870	2,346	3,509	1,286
GE	20,607	3,870	3,385	1,029	6,842	2,464	10,585	2,289	1,704	0,442	4,268	1,461
GE	5,980	0,411	13,533	2,345	6,477	2,408	2,790	0,283	5,782	1,135	3,381	1,264
GE	15546,5 60	15,085	10,269	8,551	5,966	4,731	51,797	3,301	2,416	1,823	3,536	1,092
GE	5,396	1,520	0,942	3,663	3,322	0,778	8,170	1,456	0,662	2,432	2,731	0,727
GE	10,861	3,355	7,733	3,286	12,562	0,744	5,052	1,974	3,732	1,410	6,403	0,394
GE	13,350	4,626	4,029	3,262	7,244	2,355	4,664	2,620	2,265	1,652	4,321	1,384
GE	41,314	1,586	9,094	0,498	6,538	3,823	24,054	0,947	3,593	0,251	3,462	2,110
GE	8,123	0,909	11,738	1,442	4,360	0,653	4,646	0,561	4,998	0,715	2,428	0,344

### APÊNDICE I

Médias do erro no pico de força na mudança do primeiro para o segundo componente da tarefa dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). Blocos 1 e 2 representam a fase de estabilização 1, blocos 3 e 4 representam a fase de adaptação e os blocos 5 e 6 representam a fase de estabilização 2.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
GS	3,780	0,430	4,400	0,730	3,360	3,140
GS	8,979	0,780	3,230	0,020	0,280	2,220
GS	5,419	1,170	1,170	1,560	0,190	0,490
GS	0,151	1,810	0,170	3,910	1,090	0,420
GS	0,161	1,810	2,930	1,350	2,470	2,170
GS	15,521	0,450	0,210	1,120	5,770	2,820
GS	23,218	0,330	2,730	1,950	2,760	2,380
GS	0,869	0,420	2,950	1,590	2,300	1,170
GS	13,388	0,480	3,390	2,320	4,430	6,560
GS	6,126	0,060	0,440	1,500	1,640	0,450
GE	9,054	2,270	7,730	1,170	3,120	2,210
GE	13,347	0,800	5,020	1,380	3,530	0,750
GE	0,187	1,770	3,920	3,120	0,170	1,050
GE	11,283	2,190	2,350	3,750	2,050	2,570
GE	4,126	3,890	9,680	2,180	0,140	0,560
GE	6,115	1,980	8,920	1,150	2,170	0,740
GE	8,210	1,760	5,190	3,170	7,930	2,880
GE	6,921	0,710	0,950	0,950	0,560	1,830
GE	6,189	1,520	9,590	2,500	0,130	0,970
GE	0,543	2,430	0,780	2,500	2,550	0,160



### APÊNDICE J

Médias da integral na mudança do primeiro para o segundo componente da tarefa dos participantes dos grupos superestabilização (GS) e estabilização (GE). Blocos 1 e 2 representam a fase de estabilização 1, blocos 3 e 4 representam a fase de adaptação e os blocos 5 e 6 representam a fase de estabilização 2.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
GS	10,510	5,900	8,370	7,700	5,600	5,630
GS	8,430	7,400	19,580	12,940	5,500	6,950
GS	9,760	6,320	25,600	12,010	7,670	6,930
GS	4,860	8,090	14,390	13,470	7,860	9,540
GS	5,390	6,990	7,580	5,410	5,410	5,600
GS	4,730	5,100	8,170	6,860	6,690	6,080
GS	13,670	5,940	6,970	8,010	7,810	3,900
GS	5,690	6,170	8,070	7,050	8,110	4,820
GS	6,450	3,800	6,290	6,450	6,660	5,910
GS	10,630	6,540	8,500	9,140	7,600	6,290
GE	10,080	6,420	10,980	8,070	7,310	4,960
GE	12,210	7,310	13,010	7,620	7,090	8,320
GE	9,390	5,840	14,380	8,610	6,890	10,590
GE	6,030	6,920	7,040	6,070	8,630	6,800
GE	4,680	5,940	5,650	10,000	6,550	3,740
GE	3,590	6,360	3,640	8,250	8,090	4,360
GE	8,360	7,190	10,810	7,020	8,200	5,790
GE	11,780	6,930	8,710	10,910	6,630	9,350
GE	7,480	6,980	10,590	7,830	5,960	6,800
GE	4,750	6,420	11,290	9,120	6,970	9,900