

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS
(Linha de Pesquisa: Tecnologias e Desempenho Humano)

**TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA COORDENAÇÃO: EFEITO DO
FOCO DE ATENÇÃO EM TAREFA BIMANUAL**

MARCELA DE CASTRO FERRACIOLI



Rio Claro
Outubro/2015

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS
(Linha de Pesquisa: Tecnologias e Desempenho Humano)

**TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA COORDENAÇÃO: EFEITO DO
FOCO DE ATENÇÃO EM TAREFA BIMANUAL**

MARCELA DE CASTRO FERRACIOLI
Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Pellegrini

Tese apresentada ao Instituto de Biociências,
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, Campus de Rio Claro, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Doutora em Desenvolvimento Humano e
Tecnologias.

Rio Claro
Outubro/2015

796.0132 Ferracioli, Marcela de Castro
F368t Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação : efeito
do foco de atenção em tarefa bimanual / Marcela de Castro
Ferracioli. - Rio Claro, 2015
113 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Ana Maria Pellegrini

1. Capacidade motora. 2. Coordenação bimanual. 3.
Percepção-ação. I. Título.

DEDICATÓRIA

**À minha Orientadora, Ana Maria Pellegrini, pela
inspiração, dedicação e contribuição à pesquisa e à
docência. Você e seu trabalho transformaram a Educação
Física e a vida de todos que estiveram contigo.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre me mostrar o melhor caminho, por me proteger de tudo que pudesse atrapalhar a minha vida, por me dar oportunidade de conhecer pessoas muito especiais, por nunca me deixar passar por dificuldades, por ter me dado condições de viver bem e realizar meus sonhos profissionais, e por me amar e me aceitar como sua filha, me fazendo muito feliz.

À minha orientadora, Profa. Dra. Ana Maria Pellegrini, por todos os ensinamentos, oportunidades, orientações e exemplos ao longo da nossa incrível e inspiradora jornada. É uma honra para mim ter feito parte do seu grupo de estudo e de amigos. A senhora é um ícone do estudo em comportamento motor e todos que buscam compreender essa área devem agradecê-la por tantas contribuições acadêmica, científicas e empíricas. Obrigada por tudo!

À Profa. Dra. Cynthia Y. Hiraga pela discussões, indicações e orientações ao longo do curso de doutorado. Agradeço também por confiar em mim e me incentivar a seguir a academia e o trabalho inspirador na ciência. Espero que possamos trabalhar juntas mais vezes.

Aos professores membros da banca de defesa da tese de doutorado, Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues, Prof. Dr. Luiz Eduardo Pinto Bastos Tourinho Dantas, Prof. Dr. Márcio Oliveira e Profa. Dra. Maria Georgina Marques Tonello, pelo aceite e disposição em contribuir com o trabalho e meu processo de formação.

À direção, corpo docente, alunos e seus familiares da Escola Municipal Professor Sylvio de Araújo, de Rio Claro/SP, por confiarem em mim e neste estudo, por viabilizarem a pesquisa e, desta forma, contribuírem para os resultados encontrados.

Ao meu marido Thiago Traina Gama por estar sempre ao meu lado, apoiando minhas decisões, cuidando da nossa família, acreditando em mim, me protegendo e vibrando com minhas conquistas. Eu te amo mais do que tudo e sem você nada na minha vida teria sentido. Aos meus filhos Gabriel e Eloisa por aguentarem a minha ausência em momentos importantes, por compreenderem na prática as nuances da dedicação à uma pós-graduação,

por sempre me receberem de braços abertos e por sempre alegrarem as nossas vidas. Essa conquista é para vocês e de vocês. Obrigada por tudo!

À minha família por sempre acreditar em mim, depositar esforços e confiança para que eu atingisse meus objetivos. Ao meu pai, Cecil Ricardo Ferracioli, por me ensinar as relações da vida, a sonhar, a lutar e a ser sempre grata à Deus pelos dias vividos. À minha mãe, Irana Junqueira de Castro Ferracioli, por ser minha inspiração, pessoal e profissionalmente, por me amar incondicionalmente e me fazer sentir-me tão especial diante das situações. Ao meu irmão, Matheus de Castro Ferracioli, por estar sempre na torcida e pela amizade de sempre. Aos meus sogros, Walter Gama e Maria Luisa Traina Gama, por estarem sempre dispostos a ajudar e cuidar da nossa família. Eu não teria conseguido sem todos vocês.

Aos muitos alunos das instituições Universidade Estadual Paulista (Rio Claro/SP), Centro Universitário Moura Lacerda (Ribeirão Preto e Jaboticabal/SP), Centro Universitário Unifafibe (Bebedouro/SP), Centro Universitário Hermínio Ometto Uniararas (Araras/SP) e Universidade Federal do Ceará (Fortaleza/CE) por me apoiarem e por incentivarem a ser mais para o Ensino Superior. Aos professores, funcionários e alunos do Centro de Treinamento Personalizado Gama (Rio Claro/SP) pela confiança e disponibilidade em me receber e pela formação profissional e pessoal que sempre me proporcionaram.

Aos membros do Laboratório de Aprendizagem e Desenvolvimento Motor (LABORDAM): Paulo, Adriane, Valéria, Alexandre, Franz, Rafael, Bruno, Giovanna, Marcela, Camila e Leonardo, pela ajuda e companheirismo. Em especial ao colega e cunhado Daniel Traina Gama pelas contribuições ao presente estudo, pelas conversas e compreensão. Agradeço ainda à todos os colegas de trabalho e da vida que suportaram a ausência, o cansaço, as obrigações e idas e vindas da minha profissão.

Resumo

Crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) apresentam dificuldades para executar tarefas cotidianas. Tarefas bimanuais, como amarrar os sapatos e usar talheres, por exemplo, requerem o envolvimento diferenciado das mãos e, portanto, tornam-se mais desafiadoras para essas crianças. A atenção possui um papel fundamental na função executiva e regulação de processos cognitivos relacionados ao planejamento e execução de tarefas motoras. No entanto, existem poucos estudos que investigaram se a manipulação do foco de atenção, durante a execução de tarefas bimanuais finas, pode ser utilizada como estratégia de intervenção motora com a criança com TDC. Este estudo investigou o efeito do direcionamento do foco de atenção na execução de tarefas bimanuais em crianças com e sem TDC. Vinte e oito crianças com 9-10 anos de idade pareadas em idade e sexo, foram avaliadas e divididas em dois grupos: TDC [n=14] e desenvolvimento típico (DT) [n=14], conforme os resultados obtidos no *Movement Assessment Battery for Children* (MABC-2). As crianças participaram de dois experimentos. No experimento 1, o acoplamento de trajetórias horizontais das duas mãos no padrão *em-fase* foi testado em condições em que o foco de atenção das crianças foi dirigido, ora para a mão dominante, ora para a mão não dominante e na condição autodirigida (livre). No experimento 2, as crianças receberam dicas de atenção verbal para manter o padrão *fora-de-fase* em função do aumento da frequência de oscilação das mãos. Em geral, os resultados mostraram que as crianças com TDC apresentaram acoplamento menos estável e um controle deficitário nos padrões de coordenação *em-fase* quando o foco de atenção foi dirigido para a mão dominante. Além disso, apesar das crianças do grupo com TDC apresentarem maior variabilidade na execução da tarefa bimanual *fora-de-fase*, observou-se que a dica de atenção verbal adicional contribuiu para estabilizar o padrão de coordenação *fora-de-fase*. Estes resultados confirmam que o direcionamento do foco de atenção e dicas adicionais durante a execução de tarefas bimanuais podem produzir melhora no desempenho motor da criança com TDC. Sugere-se, ainda, que o foco de atenção, quando direcionado para informações específicas da tarefa bimanual, aumenta a economia de movimento, possivelmente reduzindo a variabilidade no sistema perceptivo-motor, tornando a coordenação e o controle motor bimanual mais precisos.

Palavras-chave: Transtorno do desenvolvimento da coordenação. Coordenação bimanual. Foco de atenção. Percepção-ação.

Abstract

Children with Developmental Coordination Disorder (DCD) have difficulties performing everyday activities. Bimanual tasks such as tying shoes and using cutlery, for example, require a different engagement of their hands and, thus, are more challenging for these children. Attention has an important role in the executive function and regulation of cognitive processes related to planning and execution of motor tasks. However, few studies have investigated whether or not the manipulation of focus of attention, during the execution of fine bimanual tasks, can be used as motor intervention strategy with children with DCD. This study investigated the effect of directing the attentional focus during execution of bimanual tasks in children with and without DCD. Twenty-eight 9-10 years old children were evaluated and composed two groups matched by age and gender based on the results of the Movement Assessment Battery for Children (MABC-2): TDC [n=14] and typically developing (TD) [n=14]. Children participated in two experiments. In the experiment 1, the coupling of horizontal trajectories of both hands in the in-phase pattern was obtained in conditions where the focus of attention was directed, alternatively to the dominant, non-dominant hand, and self-directed condition (free). In the experiment 2, the children received an additional verbal attention cue to maintain the anti-phase pattern, as the frequency of oscillation of their hands increased. Overall, the results showed that children with DCD presented a less stable ability to couple their hands, and deficits controlling in-phase bimanual coordination patterns when the focus of attention was directed to the dominant hand. Furthermore, although the group of children with DCD displayed higher variability during the execution of the anti-phase bimanual pattern, the additional cue help them to stabilize the anti-phase bimanual coordination pattern. Altogether, these findings confirm that the direction of the focus of attention and additional cues while performing bimanual tasks can positively affect the bimanual coordination of children with DCD. Direction of focus of attention during execution of bimanual tasks seems to have increased the economy of movement, possibly reducing the variability in the perceptual-motor system, leading to more accurate bimanual coordination and motor control.

Keywords: Developmental coordination disorder. Bimanual coordination. Focus of attention. Perception-action.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO GERAL	5
2.1 Objetivos Específicos.....	5
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
3.1 Coordenação Motora: Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos.....	6
3.1.1 <i>Padrões Básicos de Coordenação Intermembros.....</i>	<i>10</i>
3.2 O Foco de Atenção no Comportamento Motor	14
3.3 O Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação e o Problema da Atenção.....	25
4. JUSTIFICATIVA E HIPÓTESES	35
5. MÉTODO	38
5.1 Experimento 1	38
5.1.1 <i>Participantes.....</i>	<i>38</i>
5.1.2 <i>Materiais.....</i>	<i>40</i>
5.1.3 <i>Procedimentos</i>	<i>41</i>
5.1.4 <i>Tratamento dos dados</i>	<i>43</i>
5.1.5 <i>Análise estatística</i>	<i>46</i>
5.2 Experimento 2	47
5.2.1 <i>Participantes.....</i>	<i>47</i>
5.2.2 <i>Materiais.....</i>	<i>47</i>
5.2.3 <i>Procedimentos</i>	<i>47</i>
5.2.4 <i>Tratamento dos dados</i>	<i>48</i>
5.2.5 <i>Análise estatística</i>	<i>50</i>
6. RESULTADOS	51
6.1 Experimento 1	51
6.1.1 <i>Estabilidade do acoplamento entre as mãos.....</i>	<i>51</i>
6.1.2 <i>Parâmetros de controle nos padrões de coordenação.....</i>	<i>53</i>
6.2 Experimento 2	57
6.2.1 <i>Estabilidade do acoplamento entre as mãos.....</i>	<i>57</i>

6.2.2	<i>Parâmetros de controle nos padrões de coordenação</i>	60
7.	DISCUSSÃO	65
7.1	Experimento 1	65
7.1.1	<i>Estabilidade do acoplamento entre as mãos</i>	66
7.1.2	<i>Parâmetros de controle nos padrões de coordenação</i>	71
7.1.3	<i>Considerações finais do Experimento 1</i>	75
7.2	Experimento 2	76
7.2.1	<i>Estabilidade no acoplamento entre as mãos</i>	77
7.2.2	<i>Parâmetros de controle nos padrões de coordenação</i>	81
7.2.3	<i>Considerações finais do Experimento 2</i>	82
8.	CONCLUSÃO	83
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXO I	95
ANEXO II	97
ANEXO III	98

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Disposição do local e dos equipamentos utilizados na coleta de dados..... 41
- Figura 2. Representação gráfica da tarefa experimental de trajetória bilateral com o padrão de coordenação bimanual *em-fase* e representação gráfica das coordenadas X, Y e Z. 42
- Figura 3. Exemplos dos deslocamentos das canetas no tablete na coordenada X, seguras pelas mãos Não-Dominante e Dominante ao longo da tentativa (15 s) executados por uma criança do grupo TDC e uma criança do grupo DT nas três condições experimentais. 44
- Figura 4. Representação gráfica da tarefa experimental de trajetória bilateral com o padrão de coordenação bimanual *fora-de-fase*. 48
- Figura 5. Exemplos dos deslocamentos das canetas no tablete na coordenada X, seguras pelas mãos Não-Dominante e Dominante ao longo da tentativa (30 s) executados por uma criança do grupo TDC e uma criança do grupo DT nas duas condições experimentais. 49
- Figura 6. Média e desvio padrão da Fase Relativa Contínua apresentada pelas crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais. 52
- Figura 7. Média e desvio padrão da Variabilidade da Fase Relativa Contínua apresentada pelas crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais. 53
- Figura 8. Média e desvio padrão do número de ciclos realizados pelas crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais. 54
- Figura 9. Média e desvio padrão da Trajetória dos ciclos das mãos (cm) das crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais. 55

Figura 10. Média e desvio padrão da Variabilidade da trajetória dos ciclos das mãos (cm) Não-Dominante e Dominante nas três condições experimentais.	56
Figura 11. Média e desvio padrão da Pressão (N) das mãos Não-Dominante e Dominante das crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais.	57
Figura 12. Média e desvio padrão da Fase Relativa Contínua (°) das crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.	59
Figura 13. Média e desvio padrão da Variabilidade da Fase Relativa Contínua (°) das crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.	60
Figura 14. Média e desvio padrão do número de ciclos das mãos apresentado pelas crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.	61
Figura 15. Média e desvio padrão da Trajetória dos ciclos das mãos (cm) Não-Dominante e Dominante das crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.	62
Figura 16. Média e desvio padrão da Pressão (N) das crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.	63
Figura 17. Média e desvio padrão da Variabilidade da Pressão (N) das mãos Não-Dominante e Dominante das crianças dos grupos TDC e DT.	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Dados relativos ao gênero (M e F), idade (anos), preferência manual, porcentagem de uso da mão preferida (segundo o Inventário de Edinburgh) e percentil no <i>Movement Assessment Battery for Children 2</i> obtidos pelos participantes dos grupos TDC e DT.	39
Tabela 2. Resultado da Análise de Variância da média de ciclos das mãos no Experimento 1.	98
Tabela 3. Resultado da Análise de Variância da média da frequência relativa contínua entre as mãos no Experimento 1.	98
Tabela 4. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da frequência relativa contínua entre as mãos no Experimento 1.	98
Tabela 5. Resultado da Análise de Variância da média da trajetória dos ciclos das mãos no Experimento 1.	98
Tabela 6. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da trajetória dos ciclos das mãos no Experimento 1.	99
Tabela 7. Resultado da Análise de Variância da força de pressão das mãos no Experimento 1.	99
Tabela 8. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da força de pressão das mãos no Experimento 1.	99
Tabela 9. Resultado da Análise de Variância da média de ciclos das mãos no Experimento 2.	100
Tabela 10. Resultado da Análise de Variância da média da frequência relativa contínua entre as mãos no Experimento 2.	100
Tabela 11. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da frequência relativa contínua entre as mãos no Experimento 2.	100

Tabela 12. Resultado da Análise de Variância da média da trajetória dos ciclos das mãos no Experimento 2	100
Tabela 13. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da trajetória dos ciclos das mãos no Experimento 2.	100
Tabela 14. Resultado da Análise de Variância da força de pressão das mãos no Experimento 2	101
Tabela 15. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da força de pressão das mãos no Experimento 2.	101

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento motor dos seres humanos é um processo dinâmico que ocorre em ambiente repleto de informação. Considerando que esse desenvolvimento é rápido na infância e que mudanças acontecem no ambiente em que a tarefa motora é desempenhada, a aquisição de habilidades motoras é um desafio constante para a criança (GEUZE, 2007). As restrições impostas pelo organismo continuamente em mudança, pela especificidade da tarefa e pelas características do ambiente definem um espaço de interações que dá suporte ao desempenho habilidoso (NEWELL, 1986). Para os estudiosos do desenvolvimento motor, uma das questões intrigantes é como a relação entre essas restrições influencia a coordenação motora de crianças portadoras do Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC), como descrito no *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais* (DSM-IV-TR, 2002).

O TDC é uma condição clínica que pode influenciar significativamente o desempenho da criança no domínio motor. Em particular, o TDC é considerado uma desordem do desenvolvimento motor de crianças, levando-as a apresentar desempenho inferior ao esperado para a idade cronológica em tarefas motoras cotidianas e que não pode ser associado a nenhum diagnóstico clínico. À luz do desenvolvimento motor, o desempenho de crianças com TDC é consistentemente identificado como mais lento (MON-WILLIAMS e colaboradores, 2005), menos preciso e mais variável (WILSON; MCKENZIE, 1998) do que o de crianças com

desenvolvimento típico (Dentre os diversos paradigmas experimentais utilizados para investigar o comportamento motor dessas crianças, encontramos o uso de tarefas que envolvem a percepção visual (WILSON; MCKENZIE, 1998), a utilização de informação proprioceptiva (MON-WILLIAMS; WANN; PASCAL, 1999), de informação prévia (MON-WILLIAMS e colaboradores, 2005), a coordenação bimanual (VOLMAN; GEUZE, 1998) e a coordenação intermembros (FERRACIOLI; HIRAGA; PELLEGRINI, 2014; VOLMAN; LAROY; JONGMANS, 2006) entre outros.

Na perspectiva dos sistemas dinâmicos, o comportamento motor se desenvolve num sistema de interações. O estudo da emergência e da estabilidade de padrões rítmicos de coordenação bimanual e intermembros contribui para a compreensão de como as partes deste sistema interagem, levando-o a agir, não apenas de acordo com suas pré-disposições intrínsecas, mas também de acordo com as demandas ambientais (FERRACIOLI e colaboradores, 2014; KELSO, 1984; KELSO e colaboradores, 2001). Assim, um padrão de coordenação atípico, como no caso das crianças com TDC, é resultante do tipo de interação que ocorre entre o sistema motor dessas crianças e o ambiente em que a tarefa motora está sendo executada (WADE; JOHNSON; MALLY, 2005). As dificuldades dessas crianças em coordenar diferentes partes do corpo ao mesmo tempo, como por exemplo, em tarefas bimanuais e intermembros, são interpretadas como resultado de um comportamento exploratório do seu sistema motor na tentativa de aplicar ajustes específicos em resposta às condições/características do ambiente (FERRACIOLI e colaboradores, 2014). Assim, se a relação da criança com o ambiente durante a realização de uma tarefa motora é de natureza exploratória, os padrões rítmicos de coordenação das crianças com TDC são mais variáveis do que os das crianças com DT.

As causas de déficit motor resultante da interação com o ambiente ainda não estão totalmente esclarecidas. Os mecanismos subjacentes à integração sensório-motora, ou seja, à integração entre a percepção das características do ambiente e a ação motora, são centrais ao problema de coordenação (QUERNE e colaboradores, 2008). A atenção possui um papel fundamental na função executiva e regulação de processos cognitivos relacionados ao planejamento e execução de tarefas motoras (MONNO e colaboradores, 2002). Desta forma, é fundamental considerar o papel da atenção no comportamento motor para compreender como crianças com TDC utilizam suas capacidades atencionais no desempenho de uma tarefa. De maneira geral, o desempenho de crianças com TDC é associado à déficits atencionais uma vez que essas crianças apresentam comportamento comprometido quando precisam responder rapidamente a um estímulo ou controlar a inibição de uma resposta motora (CASTELNAU e colaboradores, 2007; CHEN; WILSON; WU, 2012; TSAI e colaboradores, 2010). Da mesma forma, isto ocorre quando as execuções de duas tarefas concorrem pelas capacidades atencionais que são limitadas (CHERNG e colaboradores, 2009; LAUFER; ASHKENAZI; JOSMAN, 2008).

A atenção é uma variável funcional relevante tanto da coordenação como do controle motor. Na literatura existem evidências de que, quando o desempenho motor é associado aos déficits atencionais, dirigir o foco de atenção para uma informação específica da execução da ação ajuda no controle e coordenação da mesma (LEE; BLANDIN; PROTEAU, 1996; PELLEGRINI; ANDRADE; TEIXEIRA, 2004; POEL; PEPER; BEEK, 2006). No entanto, nenhum estudo foi desenvolvido para testar esse pressuposto no contexto das crianças com TDC. Se o desempenho de crianças com TDC melhorar quando elas direcionam seu

foco de atenção para uma informação visual do seu próprio corpo executando a ação, esta estratégia poderá ser utilizada por profissionais que desenvolvem programas de intervenção motora para melhorar o comportamento motor das crianças com TDC. Tendo como ponto de partida a revisão de literatura que será apresentada, o presente estudo tem por objetivo investigar o efeito do foco de atenção na estabilização de padrões de coordenação bimanuais por crianças com TDC.

2. OBJETIVO GERAL

Investigar o efeito do foco de atenção na execução de tarefa bimanual por crianças com dificuldade motora (Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação - TDC) e com desenvolvimento típico (DT).

2.1 Objetivos Específicos

- 1) Avaliar a estabilidade e a variabilidade do acoplamento entre as mãos de crianças com TDC e com DT em função do foco de atenção dirigido para a ação das mãos (Experimento 1) e em função de dicas de atenção durante a realização da tarefa bimanual (Experimento 2).
- 2) Avaliar parâmetros de controle (trajetória e força de pressão) de cada uma das mãos durante o desempenho da tarefa bimanual de crianças com TDC e com DT nos experimentos propostos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Tendo em vista o objetivo do presente estudo, a revisão da literatura focalizará os seguintes temas: a coordenação motora na perspectiva dos sistemas dinâmicos, dando ênfase aos padrões de coordenação intermembros; o papel da atenção no comportamento motor, em específico, a atenção como mediadora de padrões de coordenação intermembros; e o transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC), as principais características das crianças com TDC e os déficits de atenção apresentados por elas.

3.1 Coordenação Motora: Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos

A partir das últimas décadas, o estudo do comportamento motor tem tido como base a perspectiva teórica de que o ser humano é um sistema dinâmico complexo. Por sistema dinâmico complexo considera-se uma entidade unitária de natureza complexa e organizada, constituída por duas ou mais partes (dois ou mais subsistemas) que interagem de alguma forma (WALLACE, 1996). Esse sistema é identificado por seus estados (ou situações) e descrito através das mudanças desses estados (BRESCIANI FILHO; D'OTTAVIANO, 2004). Ainda, os sistemas dinâmicos complexos são abertos e de não-equilíbrio, pois interagem com o ambiente, trocando energia, matéria e informação e, sem algumas interações básicas, eles não conseguem manter suas estruturas ou funções. A natureza dessas

interações é não-linear e, por isso, um sistema dinâmico deve ser considerado no seu todo ao invés de um conjunto de partes separadas (KELSO, 1995).

Na perspectiva dos sistemas dinâmicos, a coordenação motora pode ser entendida como a configuração da interação das diversas partes do corpo para atingir a meta de uma tarefa (DAVIDS; BUTTON; BENNETT, 2008; HIRAGA; PELLEGRINI, 2009). A coordenação dos membros de uma tenista para realizar o *forehand*, a coordenação das pernas para pedalar e dos braços para dirigir uma bicicleta e a coordenação das mãos ao segurar um tablete enquanto digita um texto são exemplos de coordenação simultânea de muitos segmentos corporais.

Para executar tarefas motoras com sucesso, o ser humano precisa coordenar todas as articulações disponíveis na estrutura musculoesquelética do corpo humano (BERNSTEIN, 1967) e, ainda, interagir com o ambiente (TURVEY; SHAW; MACE, 1978). Assim, a coordenação motora ocorre quando da organização de sinergias ou estruturas coordenativas, através de combinações, relacionamentos ou acoplamentos dos componentes do sistema (BERNSTEIN, 1967; TURVEY, 1990). Desta forma, a meta de uma tarefa pode ser atingida através de uma variedade de relacionamentos desses componentes, devido à abundância de possibilidades de ações biomecânicas do ser humano. Essa variedade é importante porque propicia ao indivíduo atingir metas em diferentes contextos e torna o repertório motor mais flexível, capaz de adaptações (LATASH, 2000).

De acordo com DAVIDS; BUTTON e BENNETT (1999), sistemas complexos, como o corpo humano, apresentam:

- i. Muitos graus de liberdade – potencial para inúmeras configurações dos segmentos do corpo na execução de tarefas motoras;

- ii. Diferentes níveis organizacionais – a partir de diferentes estruturas e funções presentes nos níveis neural, hormonal, biomecânico e psicológico;
- iii. Potencial para não-linearidade do comportamento – as partes componentes podem interagir de diferentes formas com diferentes graus de dependência entre elas;
- iv. Capacidade para apresentar relacionamentos estáveis e instáveis entre as partes do sistema – as partes constantemente se ajustam e se adaptam umas às outras, podendo limitar ou influenciar o comportamento de outras partes componentes.

As capacidades do sistema apontadas no item iv manifestam-se através da auto-organização que consiste do processo de organização do sistema por si próprio, sem a necessidade de “um agente” interno para organizá-lo (BAK, 1996). A auto-organização é possível em sistemas biológicos complexos e o todo, assim como as relações entre as partes, tem uma história (PELLEGRINI, 2000). A Teoria da Auto-Organização fornece conceitos e ferramentas para explicar como padrões comportamentais emergem a partir da interação das partes do sistema e da interação deste com o meio (ou contexto) em que está inserido. Segundo DEBRUN (1996), há auto-organização do sistema cada vez que a reestruturação de uma forma, ao longo de um processo, se deve principalmente ao próprio processo, à dinâmica nele intrínseca.

No comportamento motor, a dinâmica intrínseca pode ser identificada nas tendências de coordenação do repertório motor, ou seja, na forma preferida de atuação do sistema (KELSO, 1995). À medida que uma tendência de coordenação apresenta uma característica crescente de interações bem sucedidas, ou seja, se

torna estável, pode-se dizer que houve emergência de um padrão de coordenação para a realização de uma determinada tarefa motora. Um padrão contém a organização dos deslocamentos espaço-temporais dos vários segmentos corporais, como por exemplo, a relação entre os braços e as pernas durante o andar, e pode ser mantido sempre que as condições sujeito-ambiente não se alterem (PELLEGRINI; FELICIO, 2004). Por outro lado, quando há uma mudança mais significativa em qualquer interação entre as partes e/ou ambiente, como por exemplo, um aumento da velocidade do andar, pode haver uma instabilidade do sistema e a dinâmica intrínseca não consegue mais mantê-lo atuando em um padrão de coordenação (como, por exemplo, andar), levando-o a se estabilizar em outro (ex. correr) (BARELA, 1997). São os parâmetros de controle, como por exemplo, a velocidade, a força e a amplitude articular de movimento, que conduzem o sistema através de diferentes padrões de coordenação. Os parâmetros de controle dizem respeito à quantidade de informação específica para a ação em um determinado contexto e estão relacionados com os ajustes às demandas da tarefa (SCHONER; KELSO, 1988).

Na área do Comportamento Motor, um dos principais métodos utilizados para investigar as capacidades dos indivíduos em coordenar ações, em função da informação disponível no ambiente, é a análise das tendências intrínsecas do sistema em exibir padrões rítmicos de coordenação (KELSO, 1995; WADE e colaboradores, 2005). Um movimento rítmico é aquele que se repete em intervalos de tempo iguais quando há interação estável entre indivíduo e ambiente. Se o movimento se repete em uma mesma trajetória (i.e., vai-e-vem, ou ciclo-limite) é denominado movimento oscilatório (BRESCIANI FILHO, 2008). Desta forma, os

membros superiores e inferiores do corpo, quando realizam a ação de andar ou a de tocar um instrumento musical, são identificados como sistemas osciladores.

Realizar batidas com as duas mãos em diferentes frequências sobre uma mesa pode parecer uma tarefa simples quando as mãos agem separadamente. Porém, quando agem simultaneamente, em diferentes frequências, pode haver uma interferência substancial da ação de uma mão sobre a outra. Isso indica que o princípio de coordenação intermembros (especificamente, de coordenação bimanual para o exemplo acima) é único e não pode ser inferido pelas leis de movimentos de um único membro. Esta interferência não é apenas restrita a ações com diferentes estruturas temporais, mas também é observada quando da realização de ações com diferenças espaciais (FRANZ e colaboradores, 2001), como por exemplo, quando se desenha simultaneamente um círculo com uma mão e uma linha com a outra mão. O estudo da estabilidade da ação dos membros busca responder a questão sobre o uso da informação captada no ambiente para coordenar diferentes movimentos simultaneamente (SCHÖNER, 1991).

3.1.1 Padrões Básicos de Coordenação Intermembros

Padrões de coordenação dos osciladores são frequentemente identificados e classificados de acordo com as relações mantidas pelos membros entre si quando da execução de tarefas intermembros. VON HOLST (1973), um dos pioneiros a investigar a emergência de padrões rítmicos de coordenação, identificou padrão de *coordenação absoluta* e de *coordenação relativa* de acordo com a força do acoplamento dos osciladores. Para explicar movimentos oscilatórios, Von Holst utilizou dois tanques com líquido, sendo que uma propulsão era causada pela rotação de um peso pendurado em um remo, por um sistema de roldanas. Os dois sistemas de osciladores diferiam na quantidade do peso suspenso e do líquido que

impunha resistência contra a rotação do remo. Conseqüentemente, os movimentos cíclicos resultantes diferiam quanto a frequência, de modo que cada oscilador assumia uma frequência preferida que, de acordo com TURVEY (1990), era ditada pela dinâmica intrínseca de coordenação. Posteriormente, uma mola conectada entre os remos conduziu os movimentos rítmicos de um oscilador ao outro. Naturalmente, cada oscilador poderia manter seu próprio ritmo, desse modo, satisfazendo a dinâmica intrínseca, mas devido à mola que os conectava, nenhum deles era capaz de manter seu próprio ritmo. Neste caso, cada oscilador tentou “puxar” ou atrair o outro à sua própria frequência.

Como resultado deste efeito magnético, de se mover no ritmo de outro oscilador, VON HOLST (1973) observou que o ritmo acoplado é o ritmo preferido de um oscilador se este oscilador puder dominar completamente o outro. Na coordenação de movimentos rítmicos, finos ou grossos, a *tendência de sustentação* e o *efeito magnético* competem entre si. Se a tendência de sustentação, ou seja, de manter o próprio ritmo domina, a coordenação é relativa (ritmos múltiplos – frequência 1:2 ou 2:1); se o efeito magnético domina, a coordenação é absoluta (único ritmo – frequência 1:1 ou 2:2). Para TURVEY (1990), mesmo quando um padrão de coordenação é alcançado, a competição continua entre a tendência de sustentação e o efeito magnético das dinâmicas intrínsecas das unidades rítmicas. A frequência apresentada pelos osciladores indica o tipo de padrão de coordenação presente em tarefas rítmicas.

KELSO (1981), por sua vez, propôs a Fase Relativa (Φ), que é uma medida temporal referente à latência de um oscilador com relação ao tempo do ciclo de outro oscilador. Um ciclo é determinado pelo deslocamento pico-a-pico de um oscilador, ou seja, é completado toda vez que o oscilador volta a seu estado inicial.

A fase relativa pode ser descrita como um parâmetro de ordem, ou ainda uma variável coletiva que captura a organização temporal dos elementos componentes do sistema (TURVEY; SCHMIDT; BEEK, 1993).

Em 1981, KELSO analisou o comportamento rítmico na tarefa de oscilar os dedos indicadores das mãos em uma mesma frequência. Os participantes poderiam reproduzir dois padrões básicos: “*em-fase*”, contração simultânea de músculos homólogos e fase relativa de 0° ou 360° ; e “*fora-de-fase*”, contração alternada de músculos homólogos e fase relativa de 180° . Os movimentos dos dedos tinham que ser sincronizados com as batidas de um metrônomo e a frequência de oscilação era aumentada sistematicamente a cada poucos segundos. Com o aumento da frequência de oscilação dos dedos, os participantes espontaneamente mudavam do padrão *fora-de-fase* para o padrão *em-fase*. No entanto, nenhuma mudança de padrão ocorreu quando os participantes começavam a tarefa no padrão *em-fase*. Assim, KELSO (1981) concluiu que, enquanto as pessoas podem produzir dois padrões estáveis em baixas frequências, apenas um padrão permanece estável quando a frequência de oscilação atinge um ponto crítico.

Neste contexto, quando os movimentos dos osciladores são sincronizados com eventos externos, o padrão motor emergente pode ser classificado como *sincronizado* ou *sincopado*. O padrão sincronizado apresenta a mesma fase relativa do padrão *em-fase* (0° ou 360°), ou seja, os movimentos dos osciladores ocorrem ao mesmo tempo em que ocorre um evento externo. Já o padrão sincopado apresenta a mesma fase relativa do padrão *fora-de-fase* (180°), ou seja, o movimento ocorre na metade do ciclo da ocorrência do evento externo (ENGSTRÖM; KELSO; HOLROYD, 1996). Padrões de coordenação bimanuais que apresentam fase relativa diferente daquela dos padrões *em-fase* e *fora-de-fase* são

mais difíceis de serem executados e, geralmente, requerem prática intensiva para serem desempenhados com sucesso (MONNO e colaboradores, 2002; TEMPRADO e colaboradores, 2002).

A pesquisa acerca dos padrões rítmicos bimanuais dos humanos tem mostrado que o padrão de coordenação *em-fase* é frequentemente mais preciso e estável (CARSON e colaboradores, 1995; HIRAGA; SUMMERS; TEMPRADO, 2004; KELSO; JEKA, 1992; SWINNEN e colaboradores, 1997) e requer menor quantidade de atenção do que o padrão de coordenação *fora-de-fase* (TEMPRADO e colaboradores, 1999). Segundo a perspectiva dos sistemas dinâmicos, as alterações no parâmetro de controle resultam em mudanças (ou flutuações) na fase relativa entre dois osciladores. Assumindo que a força do ruído estocástico¹ se torna constante para todas as frequências de oscilação (SCHÖNER; HAKEN; KELSO, 1986), então um aumento na flutuação da fase relativa sugere uma diminuição na força de acoplamento entre os componentes oscilatórios. Uma vez que um padrão mais estável é adotado após a transição de fase, então, ao longo do tempo, estas flutuações diminuem (SWINNEN, 2002).

Além da perspectiva dinâmica, algumas vezes esses comportamentos são explicados pelo cruzamento de comandos neurais (SWINNEN e colaboradores, 1991). A premissa básica desta visão neural é que as interações ocorrem entre fluxos de comandos em um meio neural altamente interconectado. Estes fluxos darão origem a padrões de interferência mútua entre os movimentos simultâneos de diferentes membros em diferentes estágios de planejamento do movimento e de organização (CATTART; SEMJEN; SUMMERS, 1999). Embora as perspectivas

¹ De acordo com o modelo teórico de transições de fase na coordenação intermembros de HAKEN; KELSO e BUNZ (1985), o ruído estocástico é uma função matemática básica que está relacionada com a geração de padrões aleatórios (BRESSLER; KELSO, 2001).

dinâmica e neural tenham se desenvolvido com relativa independência e tenham focado em diferentes aspectos da coordenação, elas não são necessariamente incompatíveis (SWINNEN, 2002).

De maneira geral, os estudos que tratam da emergência e da estabilidade de padrões de coordenação bimanual na perspectiva dinâmica são importantes para a compreensão de como os muitos componentes de um sistema complexo, como o ser humano, interagem para atingir metas específicas no ambiente, considerando a relação de restrição deste sistema, suas possibilidades e dificuldades de ação (TURVEY, 1990). Apesar de cada pessoa apresentar um comportamento motor que reflète a interação de sua dinâmica intrínseca com o ambiente, a identificação destes padrões de coordenação levou estudiosos à conclusão de que o comportamento dos sistemas de coordenação é qualitativamente semelhante e a análise de padrões de coordenação pode ser usada para identificar comportamento atípico, como o caso de crianças que apresentam o Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC). Além disso, vimos até aqui, então, que a coordenação motora dos indivíduos se apoia nas regularidades do contexto físico e nas dinâmicas intrínsecas disponíveis (PELLEGRINI, 2000). A seguir, será apresentada a atenção enquanto elemento intrínseco no encontro das relações do ser humano com o meio.

3.2 O Foco de Atenção no Comportamento Motor

Desde o início do século XIX, a *atenção*, enquanto elemento mediador do comportamento humano, assumiu diferentes papéis nos diferentes modelos e teorias sobre o comportamento motor propostos ao longo dos anos. Entre as várias maneiras de explicar a atenção, as principais denotam que ela é sinônimo de

consciência (EDELMAN, 1992), de capacidade de processar informação, reduzindo incertezas e de guia das ações motoras na relação percepção-ação (PELLEGRINI, 2000).

A primeira definição de atenção é encontrada no trabalho de JAMES (1980): *It is the taking possession of the mind, in clear and vivid form, of one of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought. Focalization, concentration of consciousness are of its essence. It implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others* (p. 403-404). De acordo com esta definição, duas variáveis comportamentais são centrais à atenção: (i) focalização, enquanto concentração da consciência; e (ii) escolha do que é atendido, tendo em vista a incapacidade do indivíduo, enquanto organismo, em lidar eficientemente ao mesmo tempo com diferentes fontes de informação e/ou linhas de pensamento (PELLEGRINI, 2001). Estas variáveis refletem a intencionalidade presente no comportamento humano e afastam a ideia do ser humano ser uma máquina controlada por reflexos. Quanto à intencionalidade, a atenção é vista como concentração e está presente quando as atividades são trazidas à consciência, quando se busca eficiência nas ações, corrigindo-as e melhorando-as. No entanto, existem situações em que estamos conscientes do que é relevante para o nosso comportamento, mas existem outras situações em que o que estamos conscientes não tem qualquer relação com aquilo que estamos fazendo (PELLEGRINI, 2001).

Para FLANAGAN (1991), a consciência é um conjunto de processos e não uma faculdade mental. Com experiência e prática, um sistema de processadores em paralelo evolui, aumentando os níveis de interação uns com os outros e, conseqüentemente, aumentando a capacidade atencional. As redes neurais responsáveis pela orientação visual, detecção de eventos e manutenção do

estado de alerta são ativadas quando o indivíduo atende a estímulos, formando assim a base dos mecanismos de atenção (POSNER; RAICHLE, 1994). Como exemplo, as pessoas ficam imediatamente atentas ao escutar um som como um grito de socorro, uma explosão ou de uma nova melodia que lhe agrada, o mesmo não acontece quando escutam o som de pessoas conversando ao lado, da chuva enquanto trabalha em um escritório ou de uma música que não lhe interessa.

Quando observamos visualmente um evento no ambiente temos dois tipos de escala visual: a focal e a periférica. Metodologicamente é difícil determinar se o indivíduo está realmente dirigindo sua atenção a uma das escalas visuais. Um simples ato de dirigir atenção para uma localização específica é executado por uma rede de áreas anatomicamente definidas que envolve todos os elementos do sistema perceptivo visual e da atenção e não somente da direção dos olhos. Esta rede, por sua vez, é responsável por trazer um objeto à consciência do indivíduo, fazendo com que as informações contidas no estímulo sejam utilizadas na resposta, em específico, numa resposta motora (PELLEGRINI, 2001).

De acordo com o referencial teórico sobre coordenação desenvolvido anteriormente, quando analisamos o comportamento motor humano precisamos considerar seu potencial para ação motora e sua flexibilidade e adaptação às condições ambientais. Neste sentido, a atenção exerce papel fundamental nas relações do indivíduo com o meio. Segundo GIBSON (1979), o indivíduo capta a informação no ambiente e responde diretamente a esta informação, sem a necessidade de um processamento seriado. Para o autor, a capacidade de perceber um número maior de detalhes no meio circundante implica em ter um repertório de respostas que aumenta na mesma proporção. Gibson estabelece, assim, as bases da relação percepção-ação. Neste contexto, podemos entender a atenção como o

meio pelo qual a percepção se desenvolve, permitindo ao indivíduo captar com maior precisão os estímulos relevantes para a ação.

Em sua contínua interação com o meio, o indivíduo busca um conjunto de informações que lhe permita atingir suas metas. Tendo em vista que a quantidade de estímulos disponíveis ao sujeito a cada momento é maior do que a que ele pode responder, o ser humano apresenta um comportamento que requer canalização de toda sua “energia” à busca dos estímulos que definem o que fazer e como agir. Suas ações são realizadas a partir da identificação do que o meio permite que ele faça (*affordances*) (GIBSON, 1979; PELLEGRINI, 2001). A adaptação e flexibilidade do sistema motor ocorrem porque o processo de auto-organização libera o sistema executivo de algumas responsabilidades de tomada de decisão, de modo que a capacidade atencional possa ser dirigida a algum outro evento mais relevante (SCHMIDT; LEE, 1999). Desta forma, a auto-organização permite que o sistema mantenha uma atividade de modo automático, mas que poderá sofrer intervenção intencional quando necessário.

Segundo WICKENS (1984), a atenção é um constructo que diz respeito à execução, consciente ou não, de uma tarefa. Ela se aplica a uma variedade de tarefas fora do domínio da percepção, ou seja, se aplica a tarefas em que a percepção não oferece a informação mais importante para a ação. Necessitamos de atenção tanto para perceber como para agir. A atenção que dispomos para a percepção dos objetos e eventos que estão à nossa volta é tão importante quanto aquela que dispensamos para as nossas respostas motoras.

É nesta perspectiva que vários estudos têm mostrado que a atenção se encontra no contexto da auto-organização das dinâmicas de coordenação, formando uma parte indissociável de tais dinâmicas. Assim, a atenção e as dinâmicas da

coordenação interagem mutuamente em uma causalidade cíclica: uma restringe a outra. Em específico, muitos estudos com tarefas que envolvem padrões básicos de coordenação intermembros têm mostrado que as influências atencionais, intencionais, perceptivas e da memória são consideradas forças adicionais que agem nas variáveis coletivas, perturbando o sistema e levando-o a um novo padrão requerido ou alternando a estabilidade de padrões já existentes (MONNO e colaboradores, 2002; TEMPRADO, 2004; ZANONE e colaboradores, 2001).

Normalmente, a influência da atenção na estabilidade de padrões de coordenação é observada através do paradigma experimental de tarefa dupla (PELLEGRINI, 2001). Neste paradigma as pessoas realizam, simultaneamente, uma tarefa primária e uma secundária (normalmente, uma tarefa que envolve tempo de reação, i.e. TR). A capacidade atencional direcionada para cada tarefa é mensurada. Quando uma tarefa secundária é adicionada, a atenção dada à primeira tarefa é dividida e o desempenho nesta tarefa é prejudicado. Quando se compara o desempenho das tarefas realizadas separadamente e simultaneamente, obtêm-se a quantidade de interferência atencional devida à capacidade limitada de atendermos ao mesmo tempo a muitos estímulos. Se ao adicionar uma tarefa secundária não houver alteração no desempenho da tarefa primária, isso significa que a quantidade de atenção necessária para execução da primeira tarefa é mínima e pode ser dirigida a outros eventos (MONNO e colaboradores, 2002; TEMPRADO, 2004).

Em adição, há evidências na literatura de que no paradigma da tarefa dupla, a atenção dada a cada tarefa pode ser manipulada. Indivíduos são instruídos a dividir a atenção entre duas tarefas ou direcioná-la para uma ou para a outra (TSANG; VELAZQUEZ; VIDULICH, 1996). Quando a atenção está focada na primeira tarefa, o seu desempenho é melhorado quando comparado com o

desempenho da tarefa não-prioritária, manifestando o chamado “*trade-off*”. O *trade-off* no desempenho indica a dificuldade do Sistema Nervoso Central (SNC) realizar a tarefa primária. Alguns estudos que utilizaram o paradigma de tarefa dupla com uma tarefa de coordenação bimanual e uma tarefa de TR têm mostrado que o TR e/ou as diferenças no TR fornecem um indicador válido da atividade atencional do SNC associada com a manutenção dos padrões de coordenação bimanual preferidos em um dado nível de estabilidade (TEMPRADO, 2004). Na perspectiva dinâmica, a atenção medida pelo TR reflete a força intencional adicionada às dinâmicas intrínsecas de coordenação, para manter e/ou estabilizar um dado padrão de coordenação. Mais especificamente, quanto maior o TR maior a demanda atencional para desempenho, manutenção e/ou estabilização do padrão de coordenação.

Em um primeiro estudo, TEMPRADO e colaboradores (1999) investigaram a estabilidade de um padrão de coordenação bimanual em função da demanda atencional. Com um *joystick* em cada mão, os participantes foram solicitados a realizar movimentos periódicos de pronação-supinação do antebraço, realizando padrões de coordenação *em-fase* e *fora-de-fase*. Em condição de tarefa dupla, foi adicionada uma tarefa de TR, com diferentes demandas atencionais: dividida nas duas tarefas, focada em uma e focada na outra tarefa. Como resultado, o padrão mais estável (*em-fase*) foi o mais fácil de ser mantido em todas as condições. Já para o padrão *fora-de-fase*, houve um aumento nas flutuações da fase relativa entre os membros na condição de focar a atenção na tarefa de TR em comparação com a condição em que a atenção foi dividida entre as duas tarefas. Focar a atenção na tarefa bimanual levou a uma diminuição das flutuações da fase relativa comparadas com as flutuações nas outras condições. Uma descoberta importante foi que a estabilidade do padrão de coordenação é afetada pela

manipulação da prioridade da atenção, pelo menos para o padrão *fora-de-fase*. Com relação ao desempenho da tarefa de TR, focar na tarefa melhorou o desempenho, focar na tarefa adicional piorou o desempenho e dividir a atenção foi o pior desempenho entre as três condições. Em todas as condições de tarefa dupla, a estabilidade que o padrão *em-fase* atingiu ainda foi maior do que a do padrão *fora-de-fase*, atendendo a influência persistente da estabilidade, caracterizando os estados estáveis das dinâmicas da coordenação. Neste estudo, os autores concluíram que a contribuição atencional pode ser conceituada como o refinamento da força de acoplamento entre os componentes necessários para realizar o padrão intencionado. Portanto, a intenção é necessária para vincular um acoplamento informacional entre os componentes oscilatórios. Além disso, a coordenação entre membros nunca ocorre independentemente das influências centrais. Esta conclusão se opõe fortemente a visão hierárquica que considera os padrões de coordenação estáveis atuando isoladamente dos processos centrais, e questiona a natureza informacional da coordenação entre membros.

O estudo de ZANONE e colaboradores (2001) objetivou determinar a demanda de atenção, medida por TR, quando da execução de tarefa de coordenação intermembros com diferentes frequências de oscilação entre os membros. O mesmo aparato do estudo de TEMPRADO e colaboradores (1999) foi usado com adição de dois botões colocados abaixo dos pés dos participantes para registro do TR. Um grupo de participantes realizou a coordenação dos membros no padrão *em-fase* e o outro grupo realizou no padrão *fora-de-fase*. Nas condições de tarefas duplas, os participantes realizaram 10 condições experimentais, com 2 níveis de prioridade em 5 diferentes frequências: 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 e 2.0 Hz. Os resultados mostraram que para todas as condições e padrões de coordenação existe uma

covariação da estabilidade da fase relativa entre os membros com o custo atencional em função da frequência oscilatória. Além disso, ficou evidente que realizar um padrão de coordenação bimanual em uma frequência preferida demanda pouca atenção com estabilidade máxima de coordenação entre as mãos.

Em outro estudo semelhante, MONNO e colaboradores (2000) investigaram se o foco de atenção na tarefa bimanual atrasaria significativamente a troca de padrão de coordenação de *fora-de-fase* para *em-fase* em resposta ao aumento da frequência de oscilação. Era esperado um aumento no TR antes da transição e uma diminuição no TR depois da transição. As transições de fase ocorreram nas duas condições de prioridade atencional, atendendo a coordenação bimanual ou atendendo o TR, mas a estabilidade do padrão de coordenação foi maior quando o foco de atenção estava na tarefa bimanual. Análises do TR revelaram que ele aumentava quando o foco da atenção era a tarefa de coordenação bimanual. Nas duas condições de prioridade, os resultados mostraram que o TR diminuiu depois da transição para o padrão *em-fase*. Estes resultados sugerem que as dinâmicas da coordenação influenciam tanto o nível de comportamento coordenado explícito como a demanda de processamento do SNC.

De maneira geral, os estudos citados acima mostram que a atenção e a intenção residem a todo tempo com as dinâmicas da auto-organização do comportamento, formando uma parte indissociável de tais dinâmicas. A covariação da estabilidade do padrão de coordenação com as demandas atencionais parece refletir um princípio geral que liga as dinâmicas da coordenação e o processamento central (HIRAGA; SUMMERS; TEMPRADO, 2005). Nesta visão, a questão levantada diz respeito à possibilidade da atenção ser “moldada” enquanto uma dinâmica adicional interagindo com as dinâmicas inerentes aos sistemas coordenativos. Em

outras palavras, a atenção poderia ser dirigida a aspectos relevantes da execução de padrões de coordenação de maneira que a estabilidade dos mesmos seria mantida e o desempenho de tarefas motoras melhorado?

No estudo de LEE e colaboradores (1996), os participantes foram instruídos a manter a estabilidade do padrão de coordenação bimanual *fora-de-fase* o tempo todo, de acordo com o aumento da frequência de oscilação entre os membros. Os resultados mostraram que os participantes puderam estabilizar intencionalmente o padrão de coordenação *fora-de-fase* mesmo com o aumento da frequência de oscilação entre os membros. Os resultados do estudo de LEE e colaboradores (1996) mostraram que a intenção, enquanto função cognitiva, pode se sobrepôr às tendências das dinâmicas intrínsecas do sistema.

No estudo de WUYTS e colaboradores (1996) foi solicitado aos participantes que, em tarefa de coordenação bimanual de desenhar círculos, dirigissem a atenção ora à execução da mão não-dominante, ora à execução da mão dominante. Com base no efeito do oscilador mais estável “atrair” o oscilador menos estável (VON HOLST, 1973), os autores consideraram que, normalmente, as transições do padrão *fora-de-fase* para o *em-fase* indicam que a fase da mão não-dominante está sendo atraída pela fase da mão dominante devido a assimetria funcional dos membros superiores. Na área do comportamento motor, a assimetria funcional dos membros superiores está bem estabelecida (PETERS, 1985). De acordo com a Teoria dos Sistemas Dinâmicos, a assimetria intermembros é considerada de natureza intrínseca e interpretada como resultado de diferenças entre componentes osciladores e/ou como consequência da influência do acoplamento desigual entre os membros (POEL e colaboradores, 2006). WUYTS e colaboradores (1996) mostraram em tarefa de desenhar círculos que, quando a mão

não-dominante é foco da atenção, seus movimentos foram mais circulares e a variabilidade temporal diminuiu. Por outro lado, os movimentos da mão dominante não foram afetados pela direção da atenção. Apesar disso, os padrões assimétricos de coordenação foram mais instáveis do que os padrões simétricos, independentemente da direção da atenção.

Resultados semelhantes foram apresentados por PELLEGRINI e colaboradores (2004). Os autores solicitaram às crianças de 5-8 anos e de 9-12 anos de idade a direcionarem a atenção ora para a mão dominante e ora para a mão não-dominante em tarefa de *tapping* bimanual com o padrão de coordenação *em-fase*, em dois alvos com a mão esquerda e dois alvos com a mão direita (tarefa de Fitts, 1954). O objetivo da tarefa era acertar o maior número de *tappings* dentro dos alvos durante 15 segundos. Os resultados mostraram que as crianças apresentaram maior velocidade e menor número de erros quando a atenção era dirigida para a mão não-dominante. De maneira geral, os resultados apresentados acima são consistentes e sugerem que estratégias de dirigir a atenção na coordenação intermembros não alteram padrões de coordenação definidos pelas dinâmicas intrínsecas.

Embora dirigir a atenção para a mão não-dominante melhore consideravelmente o desempenho da mesma, as características globais dos padrões de coordenação bimanual, identificados por suas variáveis coletivas, não mudam. Se a informação é significativa apenas para o comportamento que ela modifica, então a atenção não deve ser considerada fonte de informação relevante para a coordenação intermembros. No entanto, apesar de não haver mudanças nas variáveis coletivas dos padrões solicitados, a melhora observada no desempenho da mão não-dominante, quando esta é atendida, sugere que a atenção pode ser considerada fonte de informação relevante para as variáveis de controle do

movimento, principalmente àquelas relacionadas com aspectos espaciais da tarefa (em contrapartida aos aspectos temporais), como trajetória e precisão. É com esta visão que OLIVEIRA e IVRY (2008) afirmam que a manipulação da direção da atenção pode aumentar o grau de independência entre as mãos, em vez de estabilizar os padrões de coordenação.

Diante das evidências experimentais apresentadas, podemos concluir que dirigir a atenção para algum aspecto específico da ação motora melhora o desempenho de sistemas que apresentam menos força de acoplamento entre as partes constituintes, como de um membro não-dominante. De interesse especial para o presente estudo está a dificuldade das crianças que apresentam o Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) em acoplar seus sistemas em padrões de coordenação específicos (FERRACIOLI e colaboradores, 2014) e outras características comportamentais. Neste contexto, a questão a ser respondida diz respeito a capacidade das crianças com TDC de direcionar a atenção à algum aspecto específico da ação que leve a melhora de seu desempenho. A relação entre dominância manual e direção da atenção em tarefa bimanual será observada em crianças com TDC da mesma forma como foi observada em outras populações? Crianças com TDC seriam capazes de direcionar sua atenção para informações específicas da ação? Crianças com TDC podem intencionalmente manter a estabilidade de um padrão de coordenação? No tópico a seguir, da presente revisão de literatura, serão abordadas as principais características comportamentais das crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação e revistos estudos acerca dos mecanismos subjacentes aos padrões de coordenação intermembros de crianças com TDC. Posteriormente, será levantada a problemática acerca dos déficits atencionais dessas crianças.

3.3 O Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação e o Problema da Atenção

O sucesso na realização de uma tarefa motora depende da constante sintonia da coordenação neuromuscular, responsável pela execução dos padrões de coordenação, com a captação de informação disponível no ambiente (FERRACIOLI e colaboradores, 2014). Não existe apenas uma relação de causa e efeito entre a informação captada e as ações motoras executadas, mas há um acoplamento entre estes elementos (BARELA, 1997). No entanto, é preciso entender que, assim como este acoplamento favorece a emergência e o controle de novos padrões motores, ele também pode atuar como limitador do comportamento motor em certos processos desenvolvimentais (BERNSTEIN, 1967; KUGLER; KELSO; TURVEY, 1982; NEWELL, 1986).

KELSO (1995) propõe que a interação das partes de um sistema pode reger ou restringir o comportamento de algumas destas partes. Este evento é um tipo de causalidade circular, característica típica de sistemas auto organizáveis. No comportamento motor, estas restrições (ou limitações) podem levar a um comprometimento acentuado da coordenação motora, principalmente, em crianças. Quando isso acontece, a criança pode ser diagnosticada como portadora do Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC), do termo inglês *Developmental Coordination Disorder* (AMERICAN-PSYCHIATRIC-ASSOCIATION, 1994).

Crianças com TDC não conseguem realizar tarefas relativamente simples do dia-a-dia e, também, podem apresentar baixo desempenho na escola (DSM-IV-TR, 2002). Dentre as habilidades motoras finas, as dificuldades em escrever e manipular objetos são os primeiros sinais da existência de um transtorno

motor. Os mais comuns são observados nas tarefas de usar talheres, amarrar o tênis e vestir-se (SMITS-ENGELSMAN; NIEMEIJER; VAN GALEN, 2001). Dentre as habilidades motoras grossas, as crianças com TDC apresentam problemas no equilíbrio corporal e na coordenação dos padrões de andar e correr (DECONINCK e colaboradores, 2006). Estes problemas podem resultar em quedas e tropeços frequentes, interferindo, principalmente, em atividades de lazer e eventos esportivos (BARNHART e colaboradores, 2003).

A prevalência de crianças com TDC é estimada entre 6% e 10% daquelas em idade escolar, segundo a *American Psychiatric Association* (AMERICAN-PSYCHIATRIC-ASSOCIATION, 1994). As causas do TDC ainda não foram especificamente estabelecidas. No entanto, as dificuldades motoras da criança identificada com TDC não podem ser decorrentes de qualquer problema de saúde. Embora os estudos sobre o TDC focalizem, principalmente, a infância, muitos autores têm arguido que este é um transtorno permanente e se mantém ao longo do ciclo vital (KIRBY; SUGDEN, 2003; SKINNER; PIEK, 2001), influenciando negativamente o cotidiano dos indivíduos que apresentam o TDC (COUSINS; SMYTH, 2003).

Como consequência das dificuldades motoras, as crianças com TDC tendem a desenvolver problemas psicossociais, como baixa autoestima, angústia e ansiedade (MANDICH; POLATAJKO; RODGER, 2003). Por isso, elas participam menos de atividades recreativas, físicas e esportivas do que as outras crianças, podendo prejudicar a saúde, considerando as poucas oportunidades de desenvolvimento de suas aptidões físicas (CAIRNEY e colaboradores, 2010). Muitas vezes, essas crianças são motivo de brincadeiras e piadas, ganham menos

reconhecimento diante do sucesso e têm menor quantidade de amigos (DEWEY; WILSON, 2001).

Nas duas últimas décadas, muitos estudos têm focalizado o comportamento motor de crianças com TDC e têm apontado que, de maneira geral, essas crianças são mais lentas, menos precisas, erram mais e têm movimentos mais variáveis do que as crianças com Desenvolvimento Típico (DT), sem este transtorno. Dentre os diversos paradigmas experimentais estudados, as crianças com TDC apresentaram desempenho inferior ao das crianças com DT em tarefas que envolvem controle da força dos dedos (DIZ, 2008; OLIVEIRA e colaboradores, 2006), aptidão física (LI e colaboradores, 2011), utilização de feedback visual (WILSON; MCKENZIE, 1998), utilização de informação proprioceptiva (MON-WILLIAMS e colaboradores, 1999), utilização de informação prévia (MON-WILLIAMS e colaboradores, 2005), dentre outras.

De maneira geral, o desempenho apresentado por crianças com TDC na realização de tarefas motoras é associado à dificuldade em integrar a informação disponível no ambiente às respostas motoras. Assim, o problema de coordenação destas crianças não é atribuído apenas à funcionalidade motora e nem à percepção do ambiente isoladamente, mas à integração do ciclo percepção-ação para produzir padrões específicos de coordenação. Neste contexto, as tarefas que demandam uma relação de interdependência do indivíduo com seu meio para serem realizadas com sucesso constituem um desafio para crianças com TDC.

Tendo em vista o objetivo do presente estudo, apresentaremos revisão de literatura referente à estabilidade de padrões rítmicos de coordenação intermembros das crianças com TDC. Quando comparadas com crianças sem TDC da mesma idade, tais crianças apresentam dificuldades em produzir padrões

rítmicos de coordenação bimanual (VOLMAN; GEUZE, 1998; WHITALL e colaboradores, 2008) e intermembros (FERRACIOLI e colaboradores, 2014; MACKENZIE e colaboradores, 2008; VOLMAN e colaboradores, 2006; WHITALL e colaboradores, 2006). Em termos da coordenação bimanual, o estudo de VOLMAN e GEUZE (1998) mostrou que as crianças com TDC foram mais variáveis em oscilar os dedos, principalmente na condição *fora-de-fase*. Nestes estudos, quanto maior a variabilidade no acoplamento entre os membros envolvidos, pior o desempenho na tarefa rítmica.

Mais recentemente, WHITALL e colaboradores (2008) analisaram a habilidade de crianças com TDC, crianças com DT e adultos em sincronizar, em diferentes frequências, movimentos rítmicos bilaterais dos dedos com um sinal sonoro. Todos os grupos foram capazes de executar a tarefa solicitada, no entanto, crianças com TDC não foram capazes de sincronizar os movimentos nas frequências mais baixas. Além disso, essas crianças apresentaram maior variabilidade da fase relativa entre os dedos quando comparadas com crianças com DT e adultos. As evidências apresentadas acima indicam que crianças com TDC apresentam padrões de coordenação bimanual e intermembros mais variáveis quando comparadas com os padrões das crianças sem este transtorno.

Quanto a coordenação intermembros, o estudo de VOLMAN e colaboradores (2006) mostrou que crianças com TDC foram menos estáveis em três combinações de membros em movimentos de toques *em-fase* e *fora-de-fase* (combinação mão-mão, mão-pé ipsilateral e mão-pé contralateral) do que as crianças com desenvolvimento típico (DT). Os padrões de coordenação mão-pé foram menos estáveis do que o padrão de coordenação mão-mão. Os resultados indicaram que os padrões de coordenação mão-pé ipsilateral e contralateral foram

igualmente estáveis na tarefa *em-fase*, mas foram menos estáveis na tarefa *fora-de-fase*.

WHITALL e colaboradores (2006) investigaram o acoplamento auditivo-motor em crianças (6-8 anos) com DT e com o TDC e em adultos (18-30 anos). A tarefa andar/palma (WHITALL; GETCHELL, 1996) deveria ser sincronizada com um sinal auditivo (evento externo) que era fornecido por um metrônomo, em quatro diferentes frequências, sendo quatro tentativas em cada frequência. Quanto ao acoplamento da oscilação dos membros inferiores com a dos membros superiores, os resultados indicaram que o grupo de adultos apresentou um padrão diferente daquele dos grupos de crianças DT e TDC, mas os padrões dos grupos de crianças não diferiram entre si. Além disso, a oscilação dos membros inferiores estava mais acoplada ao metrônomo do que a oscilação dos membros superiores. As crianças com TDC apresentaram maior variabilidade da fase relativa no acoplamento entre os membros. Os dois grupos de crianças mostraram aumento na variabilidade da fase relativa conforme a frequência do sinal auditivo aumentava, ao contrário dos adultos, que mostraram diminuição na variabilidade com o aumento da frequência. As crianças com TDC adotaram, com menos frequência, o padrão de coordenação absoluta (ver VON HOLST, 1973) do que os outros grupos. Além disso, durante as tentativas, muitos dos participantes com TDC mostraram algumas formas de acoplamento por períodos curtos de tempo, sugerindo que eles conseguem acoplar, mas não por todo o tempo da execução da tarefa

MACKENZIE e colaboradores (2008) analisaram a capacidade das crianças com TDC, das crianças com DT e dos adultos de acoplar os membros inferiores aos superiores na tarefa andar/palma, a mesma tarefa utilizada por WHITALL e colaboradores (2006), mas agora em quatro diferentes condições de

informação: com visão e audição, sem visão, sem audição e sem ambas. Apesar de não ter havido efeito significativo quanto às condições, as crianças com TDC apresentaram maior variabilidade em acoplar os passos e as palmas e maior variabilidade quanto aos ciclos de cada grupo de membros (ciclo das palmas e ciclo dos passos), de modo similar ao citado no estudo de WHITALL e colaboradores (2006). Os autores concluíram que a disponibilidade da informação visual e/ou auditiva não desempenha papel determinante na estabilização da coordenação temporal desta tarefa.

Em estudo que desenvolvemos anteriormente (FERRACIOLI e colaboradores, 2014), investigamos a emergência e a estabilidade de padrões de coordenação intermembros de crianças com TDC quando da realização de tarefa de saltar e bater palma simultaneamente em superfícies rígida (chão) e elástica (mini-tampolim). Foi solicitado às crianças que realizassem a tarefa em quatro padrões rítmicos: *Livre* – com um padrão escolhido pela criança; *Palma-Superfície* – batendo palma toda vez que os pés tocavam a superfície; *Palma-Salto* – batendo palma toda vez que o corpo, no salto, alcançava a máxima altura; e *Duas Palmas* – batendo palma toda vez que os pés tocavam a superfície e toda vez que o corpo alcançava a máxima altura do salto. Como esperado, os resultados mostraram que os padrões de coordenação das crianças com TDC foram mais variáveis do que os das crianças com DT nas condições *Livre*, *Palma-Superfície* e *Palma-Salto* e mais variáveis no mini-trampolim do que no chão para a condição *Livre*. Para os dois grupos, os padrões da condição *Palma-Salto*, considerados *fora-de-fase*, foram mais variáveis do que os da condição *Palma-Superfície*, considerados *em-fase*.

De maneira geral, os resultados dos estudos citados acima sugerem que crianças com TDC são menos capazes de coordenar ritmicamente diferentes

membros do corpo. FERRACIOLI e colaboradores (2014) apontaram que as crianças com TDC usam um tipo de estratégia exploratória das características que precisam ser percebidas no ambiente, enquanto que as crianças com DT usam um tipo de estratégia adaptativa apresentando um comportamento rítmico que é mais consistente com as demandas ambientais e da tarefa. A exploração das características do ambiente é representada pela variabilidade presente no comportamento motor (DEUTSCH; NEWELL, 2002). Essa variabilidade permite ao indivíduo captar informação sobre si mesmo e sobre o ambiente (SAVELSBERGH; VAN DER KAMP; ROSENGREN, 2006). Ainda assim, muitas vezes, as diferenças encontradas entre crianças com e sem TDC são interpretadas como resultado da falta de ajustes necessários nos padrões de coordenação, que refletem as dificuldades motoras relacionadas ao transtorno. É preciso entender ainda como essa falta de ajustes acontece na tentativa de amenizar o impacto deste transtorno na vida destas crianças.

Apesar da causa do TDC ainda não ser conhecida, alguns autores têm apontado que o desempenho motor de crianças com TDC está associado a problemas neuromusculares devido aos rompimentos nas funções neurais (CANTIN e colaboradores, 2007; RAYNOR, 2001). Embora algumas evidências clínicas apontem o cerebelo como origem dos problemas motores das crianças “descoordenadas”, pesquisas neurobiológicas para investigar as correlações neurais deste transtorno ainda são restritas e limitadas (CANTIN e colaboradores, 2007). De maneira geral, a causa do TDC: (i) estaria associada à disfunção cerebelar (WILLIAMS; WOOLLACOTT; IVRY, 1992); (ii) seria de origem mecânica (periférica) (PIEK; SKINNER, 1999); (iii) ou seria resultante do acoplamento entre componentes perceptivos e motores dessas crianças (CASTELNAU e colaboradores, 2007;

FERRACIOLI e colaboradores, 2014). Embora os autores têm apresentado dados que levam à estas sugestões, nenhuma delas foi ainda consistentemente comprovada. Um aspecto relevante acerca das dificuldades motoras associado a maioria das sugestões sobre a causa deste transtorno, diz respeito a capacidade atencional de crianças com TDC.

O papel da atenção no comportamento motor de crianças com TDC tem impacto na área acadêmica devido ao fato de o TDC ser, em 50% dos casos, concomitante com o Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) (CRAWFORD; DEWEY, 2008; PITCHER; PIEK; HAY, 2003). No entanto, muitos estudos têm relacionado a atenção ao seu papel de captar as características do ambiente e integrá-las às ações motoras (componente perceptivo na relação percepção-ação) (CHEN e colaboradores, 2012; MANDICH; BUCKOLZ; POLATAJKO, 2003; TSAI e colaboradores, 2010), mas poucos têm examinado a capacidade atencional de crianças com TDC, enquanto medida da energia ou esforço para execução de ação motora (MONNO e colaboradores, 2002; PELLEGRINI, 2001).

Foram encontrados apenas dois estudos que utilizaram o paradigma de tarefa dupla para avaliar se o desempenho motor de crianças com TDC é afetado por tarefa cognitiva concorrente (CHERNG e colaboradores, 2009; LAUFER e colaboradores, 2008). No estudo de LAUFER e colaboradores (2008), uma tarefa cognitiva foi adicionada à tarefa de manter o equilíbrio postural na posição em pé. No estudo de CHERNG e colaboradores (2009), uma tarefa cognitiva foi adicionada à tarefa de andar. Os resultados de ambos os estudos mostraram que adicionar uma tarefa cognitiva concorrente diminuiu a estabilidade da postura e do andar dos grupos de crianças tanto com como sem TDC, mas o desempenho motor das

crianças com TDC foi mais afetado do que o das crianças com DT. Além disso, em ambos os estudos, o desempenho da tarefa cognitiva pelas crianças com TDC não foi afetado em condição de tarefa dupla, mostrando que elas priorizaram a tarefa cognitiva nesta condição.

Outro estudo de impacto relevante sobre a atenção de crianças com TDC é o de CASTELNAU e colaboradores (2007). Neste estudo, os autores avaliaram o desempenho de crianças com TDC em uma tarefa atencional (medida pelo número de erros, porcentagem de respostas exatas e Tempo de Reação) e em uma tarefa de sincronização (medida pela fase relativa entre a flexão do dedo e um sinal visual). Os resultados mostraram que as crianças com TDC apresentaram desempenho inferior ao das crianças com DT nas duas tarefas. Além disso, os autores realizaram uma análise de covariância do desempenho das crianças nas duas tarefas que os levou a afirmar que o problema na tarefa de sincronização não estaria relacionado com a atenção e que seria um problema da coordenação presente no grupo de crianças com TDC.

Uma observação importante sobre o estudo citado acima é que nele a atenção não foi avaliada durante a execução da tarefa de sincronização. Tendo em vista que o ser humano atende, pelo menos alguma quantidade de informação durante a execução de uma ação motora, não é possível afirmar que o problema da atenção das crianças com TDC não estivesse interferindo no desempenho da tarefa de sincronização.

De maneira geral, os resultados de estudos acerca dos problemas de atenção de crianças com TDC têm mostrado que elas são menos atentas do que as crianças com DT (CHERNG e colaboradores, 2009) e que isso contribui para problemas de integração visuo-motora em crianças com TDC (WILMUT; BROWN;

WANN, 2007). Tendo em vista que o objetivo do presente estudo está na contribuição do foco da atenção no desempenho motor de crianças com TDC, as questões selecionadas foram: Dirigir a atenção a uma das mãos contribui para o desempenho motor das duas mãos quando da execução de tarefa bimanual por crianças com TDC? Crianças com TDC podem estabilizar um padrão de coordenação bimanual menos estável se receberem dicas verbais de atenção, mesmo após perturbações do sistema? Neste sentido, com base no estudo de PELLEGRINI e colaboradores (2004) e de LEE e colaboradores (1996), o presente estudo busca avaliar o desempenho motor de crianças com TDC em tarefas de coordenação bimanual em função da solicitação de atender a mão dominante e a mão não-dominante durante a execução da tarefa (Experimento 1) e avaliar o desempenho motor de crianças com TDC quando recebem dicas para manter, o tempo todo, o padrão de coordenação bimanual *fora-de-fase*, mesmo com o aumento da frequência de oscilação das mãos (Experimento 2).

4. JUSTIFICATIVA E HIPÓTESES

Realizar tarefas motoras que envolvem coordenação intermembros, em particular a coordenação bimanual, é um desafio para qualquer pessoa. Nos deparamos com esse desafio em várias situações cotidianas e, em muitas delas, precisamos garantir que nosso desempenho seja satisfatório para termos segurança e qualidade, como por exemplo, enquanto mudamos as marchas do carro ou quando digitamos uma mensagem de texto em um teclado de computador. Para crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) o desafio é ainda maior (DECONINCK e colaboradores, 2006), pois devido à dificuldade de coordenar os movimentos, crianças com TDC não conseguem realizar tarefas bastante simples do dia-a-dia com qualidade, como usar talheres, amarrar os sapatos, segurar objetos com segurança e executar as tarefas do contexto escolar, levando a um baixo desempenho na escola (DSM-IV-TR, 2002). Desta forma, tendem a participar menos em sala de aula e em eventos recreativos do que as outras crianças, desenvolvendo baixa autoestima, ansiedade (BARNHART e colaboradores, 2003) e até mesmo baixos níveis de aptidão física (HIRAGA e colaboradores, 2014).

Em vários estudos, foi observado que dirigir o foco de atenção para um aspecto específico da ação enquanto se realiza uma tarefa de coordenação intermembros e de coordenação bimanual melhora o desempenho da mesma (HIRAGA e colaboradores, 2004; MONNO e colaboradores, 2000; MONNO e colaboradores, 2002; PELLEGRINI e colaboradores, 2004; POEL e colaboradores,

2006; SWINNEN e colaboradores, 1991; TEMPRADO, 2004; TEMPRADO e colaboradores, 1999; ZANONE e colaboradores, 2001) Essa evidência é observada a partir da premissa que o foco de atenção pode ser dirigido às dinâmicas intrínsecas, enquanto em interação com uma meta ambiental. Assim, o presente estudo tem por fim investigar se o desempenho de crianças com e sem TDC é melhorado quando elas dirigem a atenção em uma tarefa de trajetória bilateral. No primeiro experimento será solicitado às crianças dirigirem a atenção para a ação das mãos, ora para a mão dominante, ora para a mão não-dominante. No segundo experimento será solicitado às crianças atenderem intencionalmente à estabilização do padrão de coordenação *fora-de-fase* o tempo todo, em função do fornecimento de dicas de atenção. Se o desempenho de crianças com TDC melhorar quando elas direcionam seu foco de atenção para as informações especificadas nos experimentos desenvolvidos, esta estratégia poderá ser utilizada por profissionais que desenvolvem atividades de intervenção motora para melhorar o comportamento motor e/ou reabilitação da função neuro-motora das crianças com TDC.

Os estudos apresentados na presente revisão de literatura indicam que, embora dirigir a atenção para a mão não-dominante melhore o desempenho da mesma consideravelmente, as características globais dos padrões de coordenação não mudam. Se a informação é significativa apenas para o comportamento que ela modifica, então a atenção não deve ser considerada fonte de informação relevante para a coordenação bimanual. No entanto, apesar de não haver mudanças nas variáveis coletivas dos padrões solicitados, a melhora observada no desempenho da mão não-dominante quando esta é atendida sugere que a atenção pode ser considerada fonte de informação relevante para as variáveis de controle do movimento (OLIVEIRA; IVRY, 2008). Desta forma, a análise quantitativa de variáveis

de coordenação (fase relativa entre os membros) e de controle (trajetória e pressão) é necessária para a identificação dos determinantes da tarefa de coordenação bimanual da forma como proposta no presente estudo.

A partir do referencial teórico apresentado, o presente estudo testa a hipótese que o desempenho das crianças com TDC é melhorado quando se utiliza estratégias de direcionamento do foco de atenção. Em específico, o presente estudo testa as seguintes previsões: (i) dirigir o foco de atenção para a mão não-dominante melhora o desempenho em tarefa de coordenação bimanual em crianças com e sem TDC; (ii) as crianças podem intencionalmente manter a estabilidade do padrão de coordenação *fora-de-fase* após a perturbação do sistema, quando recebem dicas verbais de atenção para isso, (iii) as medidas de estabilidade e variabilidade do acoplamento entre as mãos identificam a qualidade dos padrões de coordenação apresentados pelas crianças; e (iv) os parâmetros de controle de cada uma das mãos apontam os mecanismos subjacentes às estratégias neuro-motoras adotados pelas crianças.

5. MÉTODO

5.1 Experimento 1

5.1.1 Participantes

Participaram deste estudo 14 crianças com dificuldades motoras e 14 crianças com Desenvolvimento Típico – pareadas em idade e sexo, identificadas através do *Movement Assessment Battery for Children 2* (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007). As crianças que participaram deste estudo estavam matriculadas em Escola Municipal de Ensino Fundamental da cidade de Rio Claro/SP. Os responsáveis pelas crianças concordaram com os objetivos e procedimentos do estudo e autorizaram a participação de seus filhos assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo I) aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da UNESP – Campus Rio Claro/SP.

Os participantes foram selecionados para o presente estudo de acordo com os escores obtidos em uma avaliação da coordenação motora realizada na escola durante os anos de 2013 e 2014 com o M-ABC 2 (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007). Essa bateria de testes é composta de análises qualitativas e quantitativas e permite atribuir ao indivíduo um escore global de acordo com seu desempenho nas três tarefas de destreza manual, nas duas tarefas de habilidades com bola e nas três tarefas de equilíbrio estático e dinâmico. Nesta versão, as crianças são classificadas como portadoras do TDC se obtiverem escore igual ou

abaixo de 56 (escore \leq 5º percentil), como com risco de portar o TDC se obtiverem escore igual ou abaixo de 67 (escore 5º \leq 15º percentil) e as crianças são classificadas com DT se obtiverem escore acima de 67 (escore $>$ 15º percentil). Para fins do presente estudo, as crianças que foram identificadas com TDC e com Risco de TDC compuseram o grupo TDC e as crianças que foram identificadas com DT compuseram o grupo DT. Além disso, compuseram os grupos experimentais apenas crianças que apresentaram pelo menos 70% de consistência no uso de uma das mãos (BRYDEN; PRYDE; ROY, 2000), segundo o Inventário de Edinburg utilizado para determinar a dominância manual. Os dados dos participantes selecionados, os escores obtidos pelas crianças na avaliação motora e o quociente de dominância manual dos mesmos são apresentados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Dados relativos ao gênero (M e F), idade (anos), preferência manual, porcentagem de uso da mão preferida (segundo o Inventário de Edinburg) e percentil no *Movement Assessment Battery for Children 2* obtidos pelos participantes dos grupos TDC e DT.

Grupo	Participante	Gênero	Idade	Pref. Manual	% uso Mão Pref.	Percentil M-ABC 2
TDC	S1	M	9	Direita	90%	5
	S2	F	9	Direita	100%	15
	S3	F	9	Direita	80%	2
	S4	F	9	Direita	80%	9
	S5	F	9	Direita	90%	5
	S6	F	9	Direita	70%	9
	S7	M	9	Direita	80%	15
	S8	M	9	Direita	100%	0,1
	S9	F	9	Direita	100%	15
	S10	M	9	Direita	100%	5
	S11	M	9	Direita	80%	15
	S12	F	10	Direita	100%	1
	S13	M	10	Direita	90%	0,5
	S14	F	10	Direita	90%	2
	<i>Média</i>		9,21		89%	
	S1	M	9	Direita	100%	75
	S2	F	9	Esquerda	70%	75
	S3	F	9	Direita	100%	25
	S4	F	9	Direita	100%	25
	S5	F	9	Direita	80%	25
	S6	F	9	Direita	90%	25

DT	S7	M	9	Direita	100%	25
	S8	M	9	Direita	80%	37
	S9	M	9	Direita	100%	37
	S10	M	9	Direita	100%	50
	S11	F	9	Direita	80%	63
	S12	M	10	Direita	80%	84
	S13	F	10	Direita	100%	95
	S14	F	10	Esquerda	80%	84
			<i>Média</i>	9,21	90%	

5.1.2 Materiais

Para a identificação das crianças que compuseram o grupo TDC e aquelas que compuseram o grupo DT foram utilizados os equipamentos originais que acompanham o manual de aplicação do M-ABC 2 (The Psychological Corporation). Para identificação da preferência manual das crianças foi utilizado o Inventário de Edinburg (Anexo II) e os materiais utilizados para se obter o quociente de lateralidade de cada criança, que indica a consistência do uso de uma das mãos em tarefas manuais (OLDFIELD, 1971): lápis, folha de papel, pente, escova de dente, tesoura, bola de tênis, colher, faca, caixa com tampa e vassoura.

Para a coleta de dados da tarefa experimental foram utilizados uma mesa gráfica-digitalizadora (tablete), modelo Intuos2 da WACOM com dimensões de 30,48 X 45,72 cm, duas canetas que acompanham a mesa digitalizadora para registro do desempenho, um laptop equipado com o programa MovAlyser desenvolvido pela NeuroScript Softwares, um laptop com o áudio da frequência de um metrônomo digital, três carteiras escolares para apoiar o tablete e os laptops e uma cadeira com encosto e regulagem de altura para as crianças (Figura 1). Para o tratamento dos dados foi utilizado o *software Matlab* (The Math Works Inc. – versão 7) e para a análise estatística foi utilizado o *software Statistica 11.0 for Windows*.



Figura 1. Disposição do local e dos equipamentos utilizados na coleta de dados.

5.1.3 Procedimentos

Após chegar à sala, em que o experimento foi realizado, isolada de barulho e interrupções, a criança recebeu instruções sobre os procedimentos de coleta de dados. Primeiramente, a preferência manual da criança foi avaliada através do Inventário de Edinburgh. Em seguida, a criança participante sentou-se confortavelmente em cadeira ajustada para estatura, de maneira que a articulação dos cotovelos ficasse disposta à aproximadamente 90°. Cada criança realizou com as duas mãos movimentos de trajetórias bilaterais (vai-e-vem horizontal), com a ponta da caneta sobre o tablete, com as duas mãos no padrão de coordenação *em-fase*. A instrução dada às crianças foi realizar movimentos das mãos de forma sincronizada, na frequência preferida pela criança e de forma contínua durante 15 segundos (Figura 2). Duas folhas transparentes A4 (21,0 cm X 29,7 cm) foram colocadas verticalmente sobre o tablete, uma para cada mão, de maneira que as trajetórias bilaterais da mão direita e da mão esquerda não se encontrassem. Cada mão, então, poderia produzir movimentos bilaterais com amplitude de cerca de 21 cm.

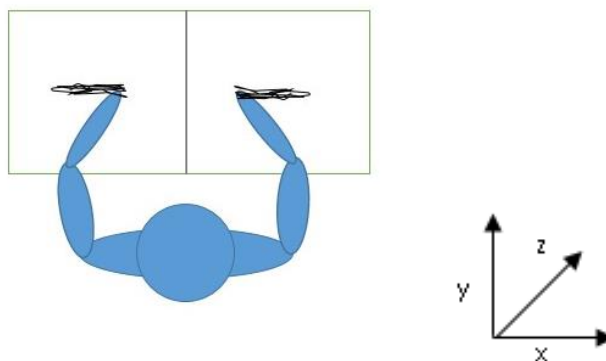


Figura 2. Representação gráfica da tarefa experimental de trajetória bilateral com o padrão de coordenação bimanual *em-fase* e representação gráfica das coordenadas X, Y e Z.

Cada criança realizou cinco tentativas da tarefa em cada uma das três condições experimentais: (i) com atenção Autodirigida, ou seja, a criança ficou livre para escolher e dirigir seu foco de atenção; (ii) com atenção dirigida para a Mão Dominante, ou seja, a criança deveria olhar para a mão dominante enquanto realizou a tarefa e; (iii) com atenção dirigida para a Mão Não-Dominante, ou seja, a criança deveria olhar para a mão não-dominante enquanto realizou a tarefa (PELLEGRINI e colaboradores, 2004). O experimentador acompanhou a execução da tarefa de cada criança para observar e registrar se a criança direcionou seu olhar para a mão que deveria ser atendida. Caso a criança não tivesse atendido à solicitação de olhar para a mão especificada, a tentativa era refeita. A condição Autodirigida foi sempre executada primeiramente, enquanto a ordem de execução das demais condições foi contrabalanceada entre os participantes. A pesquisadora responsável forneceu demonstração do padrão de coordenação bimanual *em-fase* antes da primeira tentativa do desenho experimental. Foi fornecido um descanso de 30 segundos entre tentativas.

5.1.4 Tratamento dos dados

Os sinais do contato das canetas com o tablete foram registrados em frequência de 200Hz (100Hz para cada caneta). Os dados dos deslocamentos das canetas nas coordenadas X, Y e Z (Figura 2) ao longo do tempo (1500 pontos) foram registrados em planilha eletrônica. As duas primeiras tentativas de cada condição experimental foram consideradas tentativas de familiarização e não foram analisadas. Para as três tentativas restantes de cada criança, em cada condição, foram analisadas as variáveis de interesse do presente estudo. A Figura 3 apresenta o tipo de dados obtido quando da execução da tarefa do Experimento 1 por uma criança do grupo TDC e uma do grupo DT referente ao deslocamento das canetas seguras pelas mãos dominante e não-dominante no tablete.

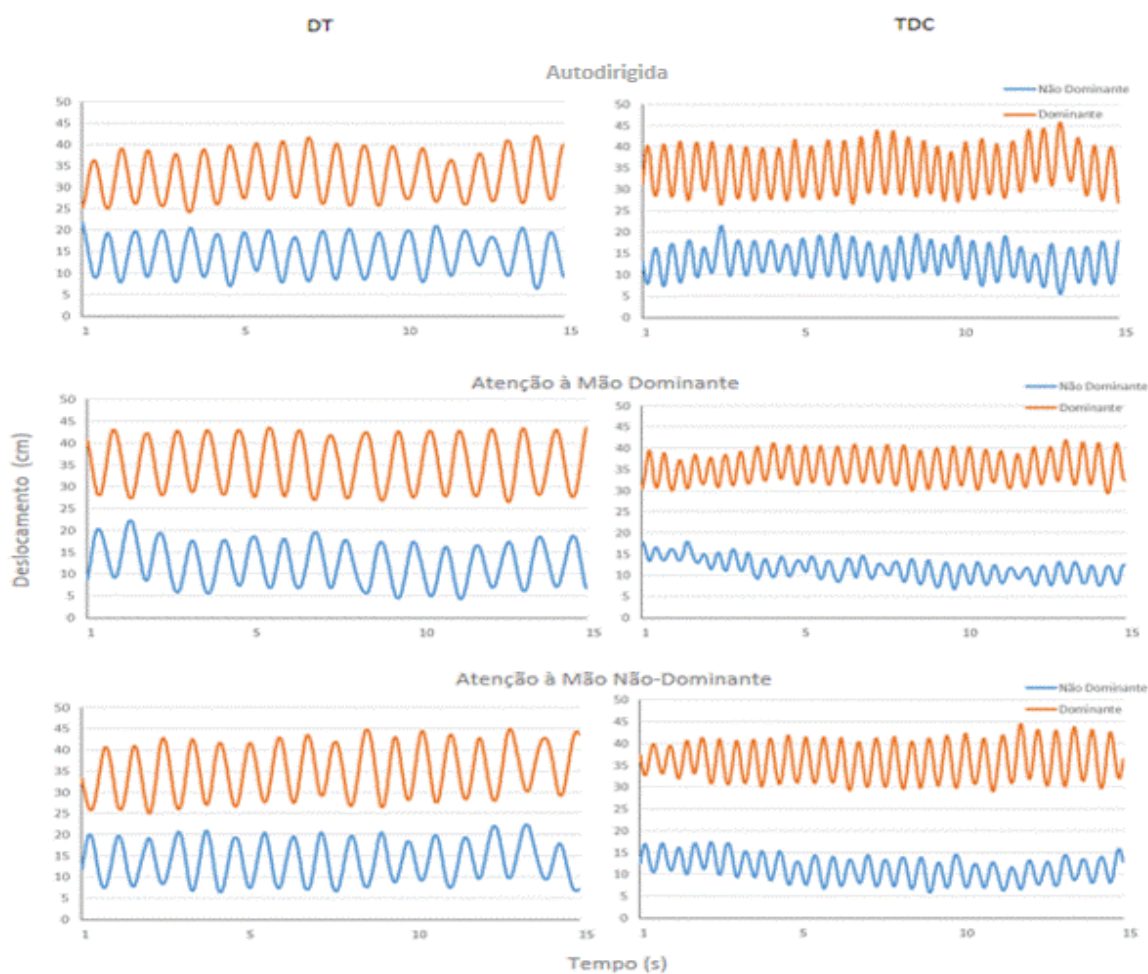


Figura 3. Exemplos dos deslocamentos das canetas no tablete na coordenada X, seguras pelas mãos Não-Dominante e Dominante ao longo da tentativa (15 s) executados por uma criança do grupo TDC e uma criança do grupo DT nas três condições experimentais.

De posse destes dados, foram calculadas variáveis de (i) Estabilidade do acoplamento entre as mãos e de (ii) Parâmetros de controle nos padrões de coordenação, descritas a seguir:

(i) Estabilidade do acoplamento entre as mãos

Fase relativa contínua (FRC): obtida com base no cálculo da diferença temporal entre o deslocamento da mão dominante e o da mão não-dominante. A FRC foi calculada seguindo o modelo proposto por Kelso et al., (1986): $FRC = (\text{fase da mão dominante} - \text{fase da mão não-dominante})$. Foi utilizada a função “hilbert” do software Matlab para transformar os dados discretos em contínuos. Para calcular o

espaço de fase em radianos, foi utilizada a função “angle”. Para transformar os dados de radianos para graus, os mesmos foram multiplicados por $180/\pi$. Posteriormente, foi realizada a subtração entre o espaço de fase da mão dominante e o espaço de fase da mão não-dominante, ponto a ponto. Esta variável indica o ponto de adiantamento de um sinal oscilatório (mão) em relação a outro, dentro de um mesmo ciclo (SEMJEN; SUMMERS; CATTART, 1995) e é dada em graus.

Variabilidade da fase relativa contínua (DPFRC): obtida através do cálculo do desvio padrão da fase relativa contínua entre as mãos em cada tentativa. A variável DPFRC indica a variabilidade na sincronização dos componentes (duas mãos) da tarefa (WHITALL e colaboradores, 2006) e é dada em graus.

(ii) Parâmetros de controle nos padrões de coordenação:

Ciclos: identificados a partir da função “diff” em rotina disponível no software Matlab que calcula o intervalo temporal entre o início e o fim da trajetória da mão quando ela retorna ao ponto de origem. Esta variável identifica o número de vezes que cada mão fez um movimento de vai-e-vem ao longo da tentativa.

Trajétoria dos ciclos das mãos (TCM): identificada através do cálculo da diferença entre o deslocamento máximo e mínimo das canetas na coordenada X, obtido através da função “peaks” em rotina disponível no software Matlab. Esta variável indica a média da amplitude espacial em centímetros dos ciclos de cada mão durante a realização da tarefa.

Variabilidade da trajetória dos ciclos das mãos (DPTCM): obtida através do cálculo do desvio padrão da localização dos pontos finais de cada trajetória com a fórmula $SD = \sqrt{((\sum (x_i - x)^2) / n - 1)}$, onde x_i é a localização de um ponto final de uma trajetória, x é a média da localização dos pontos finais das trajetórias e n é o número

de trajetórias observadas em uma tentativa. Esta variável indica em centímetros a variabilidade espacial dos ciclos de cada mão durante a realização da tarefa.

Pressão (P): obtida através dos valores da coordenada Z, ao longo da tentativa, convertidos em gramas através de processo de calibração da força exercida pela caneta sobre o tablete, proposta pela equipe de desenvolvedores do software MovAlyzer. Posteriormente, utilizou-se a fórmula $\text{Força} = \text{massa (gramas)} \times \text{aceleração (9,8 m/s}^2\text{)}$, para obtenção dos valores de pressão em Newtons. Esta variável indica a força exercida com a ponta da caneta sobre o tablete durante a realização da tarefa.

Variabilidade da pressão (DPP): obtida através do cálculo do desvio padrão da pressão de cada mão em cada tentativa. Esta variável indica a variabilidade da força exercida pela mão com a ponta da caneta sobre o tablete durante a realização da tarefa e é dada em Newtons.

5.1.5 Análise estatística

Análises de variância com medidas repetidas foram empregadas para testar as diferenças entre os fatores Grupo (DT e TDC), Condição (Autodirigida, Atenção Mão Dominante, Atenção Mão Não-Dominante) para variáveis de estabilidade do acoplamento entre as mãos e para testar as diferenças entre os fatores Grupo (DT e TDC), Condição (Autodirigida, Atenção Mão Dominante, Atenção Mão Não-Dominante) e Mão (Dominante e Não-Dominante) para as variáveis de parâmetros de controle nos padrões de coordenação. O teste utilizado a posteriori foi o Tukey HSD com nível de significância de 0,05. Os resultados de todas as análises estatísticas são apresentados no Anexo III.

5.2 Experimento 2

5.2.1 *Participantes*

Participaram deste experimento as mesmas crianças do Experimento 1.

5.2.2 *Materiais*

Foram utilizados neste experimento os mesmos materiais utilizados no Experimento 1.

5.2.3 *Procedimentos*

Cerca de cinco minutos após a realização do Experimento 1, as crianças participantes foram solicitadas a realizar as tentativas referentes ao Experimento 2. Após sentar confortavelmente na cadeira ajustada para a estatura, a criança participante recebeu instruções sobre como realizar movimentos de trajetórias bilaterais (vai-e-vem horizontal), com a ponta da caneta sobre o tablete, com as duas mãos no padrão de coordenação *fora-de-fase* (Figura 4). A instrução dada às crianças foi de realizar os movimentos de forma sincronizada com o sinal auditivo do metrônomo, prestando atenção para manter a sincronização com o metrônomo o tempo todo, de forma contínua durante 30 segundos. Duas folhas transparentes A4 (21,0 cm X 29,7 cm) foram colocadas verticalmente sobre o tablete, uma para cada mão, de maneira que as trajetórias bilaterais da mão direita e da mão esquerda não se encontrassem. Cada mão, então, poderia produzir movimentos bilaterais com amplitude de cerca de 21 cm.

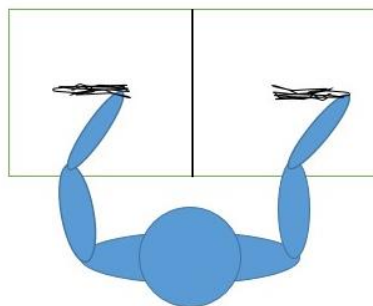


Figura 4. Representação gráfica da tarefa experimental de trajetória bilateral com o padrão de coordenação bimanual *fora-de-fase*.

Cada criança realizou cinco tentativas da tarefa, com aumento da frequência de oscilação, dada pelo áudio do metrônomo, ajustado em 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 e 3.0 Hz, em duas condições experimentais: (i) sem dica verbal de atenção, em que a criança realizou a tarefa sem nenhuma dica de atenção, e (ii) com dica verbal de atenção, em que a criança realizou a tarefa com a pesquisadora responsável instruindo-a verbalmente a manter o padrão de coordenação *fora-de-fase* requerido ao longo da tentativa. Nesta segunda condição, as dicas verbais fornecidas foram padronizadas, para que a pesquisadora as dissesse apenas das seguintes formas: (a) “mantenha as mãos no mesmo sentido”; e (b) “não deixe as mãos se encontrarem”: Foi fornecido um descanso de 30 segundos entre tentativas.

5.2.4 Tratamento dos dados

Os sinais do contato das canetas com o tablete foram registrados em frequência de 200Hz (100Hz para cada caneta). Os dados dos deslocamentos das canetas nas coordenadas X, Y e Z ao longo do tempo (3000 pontos) foram registrados em planilha eletrônica. As duas primeiras tentativas de cada condição experimental foram consideradas tentativas de familiarização e não foram analisadas. Para as três tentativas restantes de cada criança, em cada condição,

foram analisadas as variáveis de interesse do presente estudo. A Figura 5 apresenta o tipo de dados obtido quando do deslocamento das canetas seguras pelas mãos dominante e não-dominante no tablete na execução da tarefa do Experimento 2 por crianças dos grupos TDC e DT.

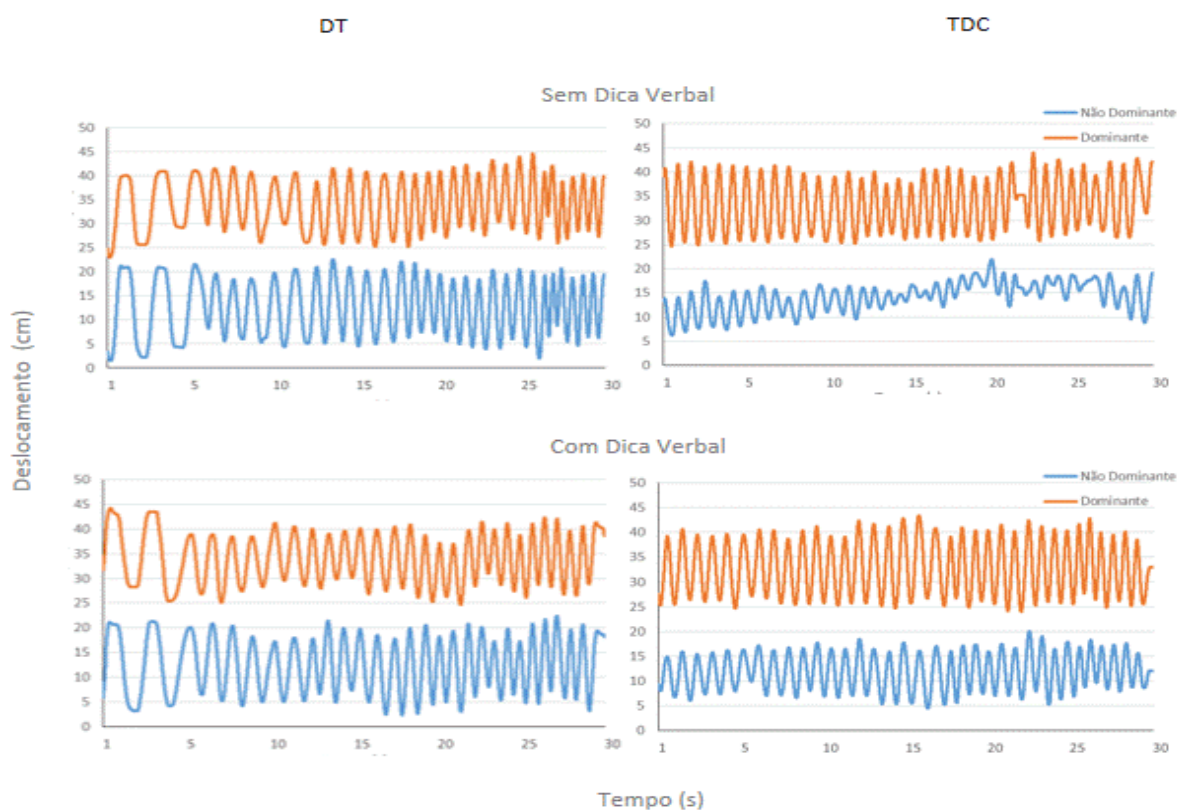


Figura 5. Exemplos dos deslocamentos das canetas no tablete na coordenada X, seguras pelas mãos Não-Dominante e Dominante ao longo da tentativa (30 s) executados por uma criança do grupo TDC e uma criança do grupo DT nas duas condições experimentais.

De posse destes dados, foram calculadas as mesmas variáveis calculadas no Experimento 1: Fase relativa contínua (FRC); Variabilidade da fase relativa contínua (DPFRC); Ciclos; Trajetória dos ciclos das mãos (TCM); Variabilidade das trajetórias dos ciclos das mãos (DPTCM); Pressão (P); e Variabilidade da pressão (DPP).

5.2.5 Análise estatística

Análises de variância com medidas repetidas foram empregadas para testar as diferenças entre os fatores Grupo (DT e TDC), Condição (Sem Dica Verbal e Com Dica Verbal) para variáveis de estabilidade do acoplamento entre as mãos e para testar as diferenças entre os fatores Grupo (DT e TDC), Condição (Sem Dica Verbal e Com Dica Verbal) e Mão (Dominante e Não-Dominante) para as variáveis de parâmetros de controle nos padrões de coordenação. O teste utilizado a posteriori foi o Tukey HSD com nível de significância de 0,05. Os resultados de todas as análises estatísticas são apresentados no Anexo III.

6. RESULTADOS

Primeiramente, serão apresentados os resultados referentes ao Experimento 1 seguidos dos resultados obtidos no Experimento 2. Os resultados ainda serão divididos com base nas medidas de Estabilidade do acoplamento entre as mãos (FRC e DPFRC) e de Parâmetros de controle dos padrões de coordenação (Ciclos, TCM, DPTCM, P e DPP).

6.1 Experimento 1

6.1.1 Estabilidade do acoplamento entre as mãos

Fase relativa contínua (FRC)

Para analisar o acoplamento das trajetórias das duas mãos ao padrão de coordenação *em-fase* (360°) nas diferentes condições experimentais foi feita Análise de Variância 2 (Grupo) X 3 (Condições). Os resultados da ANOVA não indicaram diferença significativa para os fatores e não indicaram interação significativa entre os fatores (todos os $p > 0,05$). Todos os resultados desta análise estão na Tabela 3 na página 98. Como mostra a Figura 6, as crianças dos dois grupos acoplaram as trajetórias das mãos na três condições experimentais de maneira semelhante. No entanto, apesar de não ter havido diferença significativa entre as médias da FRC dos grupos, pode-se observar que as crianças do grupo DT apresentaram média da FRC ($359,1^\circ$) mais próxima daquela solicitada em padrões de coordenação bimanual *em-fase* do que as crianças do grupo TDC ($385,0^\circ$).

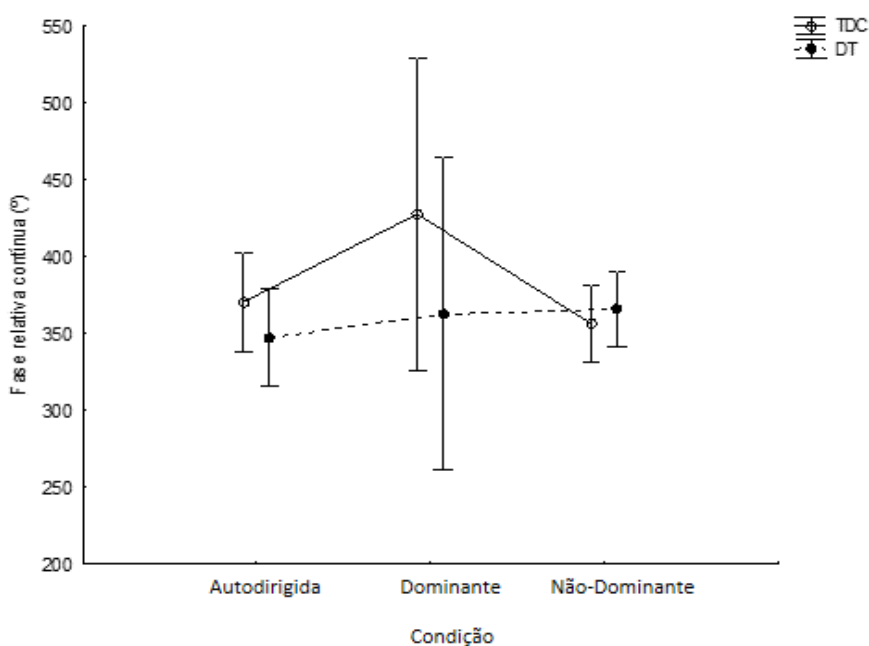


Figura 6. Média e desvio padrão da Fase Relativa Contínua apresentada pelas crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais.

Variabilidade da FRC (DPFRC)

Os resultados da Análise de Variância 2 (Grupo) X 3 (Condição) da variável DPFRC mostraram que apenas o fator Condição alcançou nível de significância, $F(2,52) = 4,14513$, $p < 0,05$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 4 na página 98. Análise post-hoc de Tukey indicou que as crianças dos dois grupos variaram mais o padrão de coordenação *em-fase* solicitado na condição em que a atenção foi dirigida para a mão Dominante ($117,6^\circ$) do que na condição em que a atenção era Autodirigida ($57,6^\circ$) e do que na condição em que a atenção foi dirigida para a mão Não-Dominante ($56,3^\circ$). Não houve diferença significativa para DPFRC entre as condições Autodirigida e Não-Dominante ($p > 0,05$). A Figura 7 apresenta a média e desvio padrão da variável DPFRC dos grupos nas diferentes condições do presente experimento.

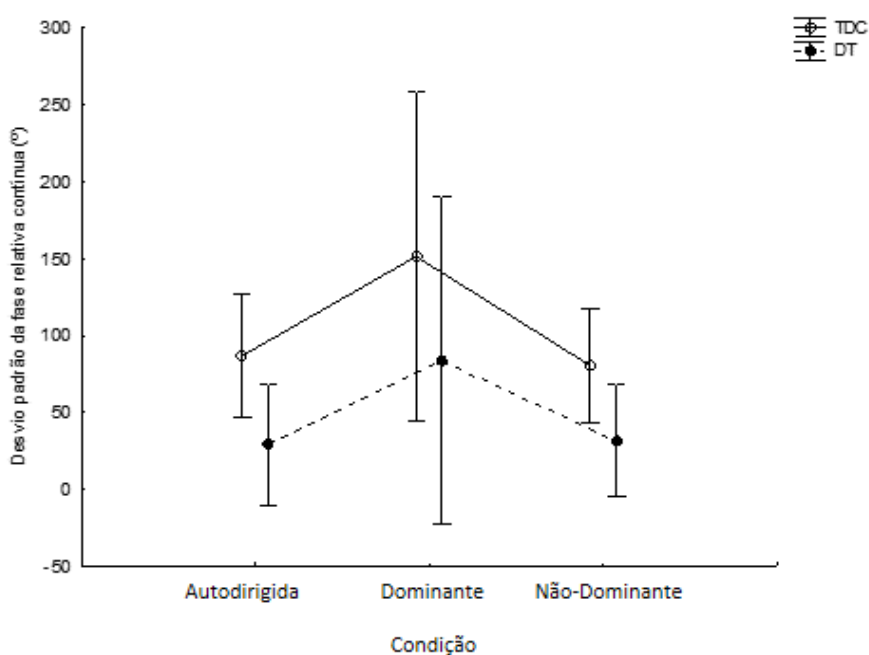


Figura 7. Média e desvio padrão da Variabilidade da Fase Relativa Contínua apresentada pelas crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais.

6.1.2 Parâmetros de controle nos padrões de coordenação

Ciclos

Para analisar a quantidade de ciclos das mãos realizados por condição foi feita Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 3 (Condição). Os resultados da ANOVA dos ciclos mostraram diferenças significativas nos fatores Grupo e Condição, $F(1,52) = 4,517$, $p < 0,05$ e $F(2,104) = 73,979$, $p < 0,0001$, respectivamente. Nenhuma interação entre os fatores alcançou nível de significância, $p > 0,05$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 2 da página 98. Estes resultados indicam que as crianças do grupo TDC realizaram mais ciclos com as mãos (29,2 ciclos) do que as crianças do grupo DT (25,8 ciclos). Além disso, os dois grupos de crianças apresentaram diferenças na quantidade de ciclos produzidos entre as três condições experimentais, sendo que mais ciclos foram observados na condição em que a atenção foi dirigida para a mão Dominante (30,0

ciclos) do que quando a atenção era Autodirigida (25,1 ciclos) e quando ela foi dirigida para a mão Não-Dominante (27,5 ciclos), como mostra a Figura 8.

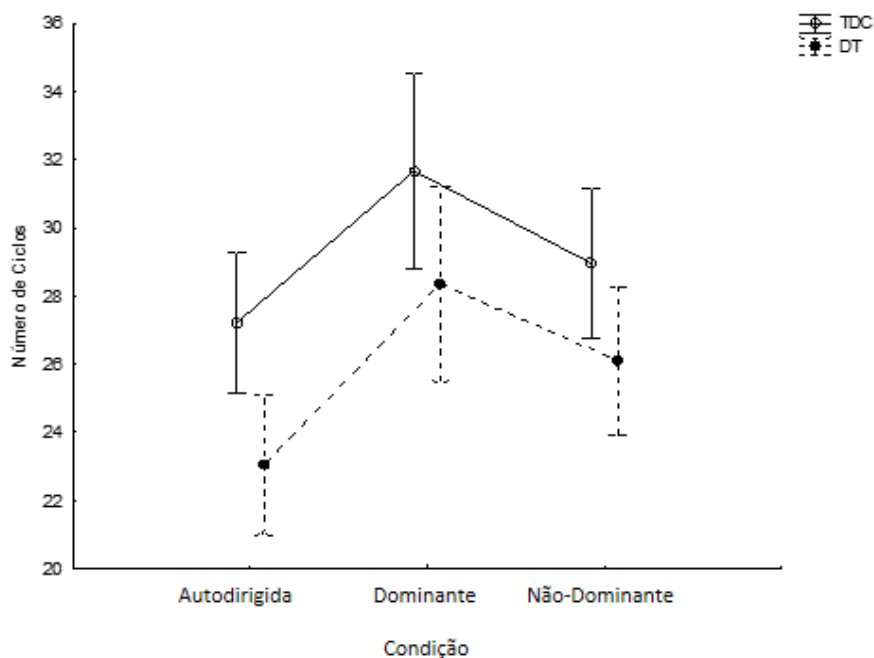


Figura 8. Média e desvio padrão do número de ciclos realizados pelas crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais.

Trajetória dos ciclos das mãos (TCM)

Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 3 (Condição) da variável TCM indicou que o fator Condição e a interação entre os fatores Grupo e Condição alcançaram nível de significância, $F(2,104) = 53,324$, $p < 0,0001$ e $F(2,104) = 3,212$, $p < 0,05$, respectivamente. Além disso, foi observado um nível marginalmente significativo para o fator Grupo, $F(1,52) = 3,934$, $p = 0,05$. Todos os resultados desta análise estão disponíveis na Tabela 5 da página 98. Estes resultados mostraram que as crianças do grupo TDC apresentaram trajetórias dos ciclos das mãos menores (5,4 cm) do que as crianças do grupo DT (6,0 cm). Além disso, as crianças dos dois grupos apresentaram trajetórias dos ciclos das mãos menores na condição em que a atenção foi dirigida à mão Dominante (5,2 cm) do que na condição em que a

atenção foi dirigida à mão Não-Dominante (5,7 cm) e, nesta última, menores do que na condição em que a atenção foi Autodirigida (6,2 cm), como mostra a Figura 9.

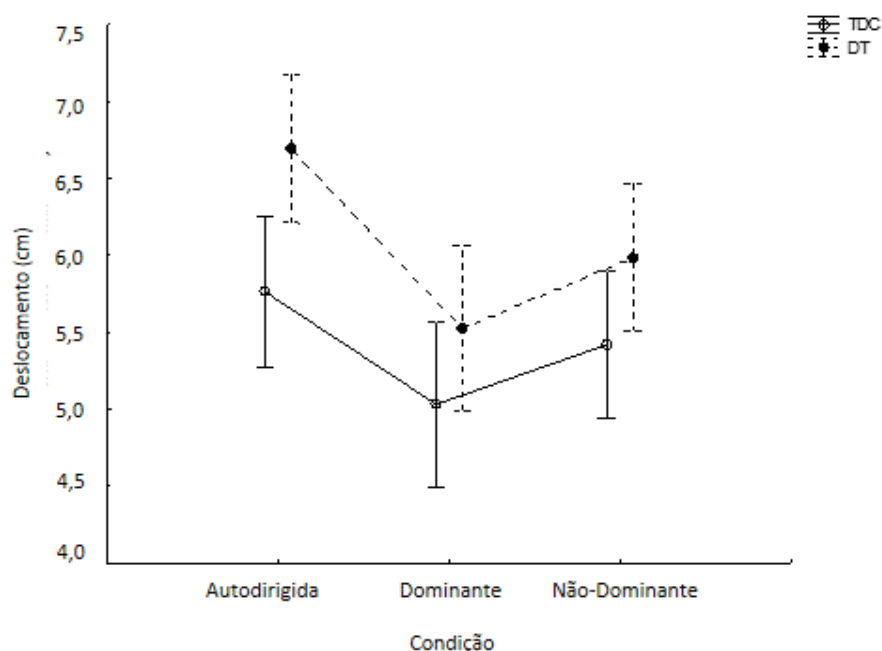


Figura 9. Média e desvio padrão da Trajetória dos ciclos das mãos (cm) das crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais.

Variabilidade da trajetória dos ciclos das mãos (DPTCM)

Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 3 (Condição) mostrou somente que o fator Condição alcançou nível de significância, $F(2,104) = 5,1457$, $p < 0,01$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 6 na página 99. Os resultados mostraram que as crianças de ambos os grupos variaram mais a trajetória dos ciclos das mãos na condição em que a atenção era Autodirigida (0,50 cm) do que na condição em que a atenção era dirigida para a mão Dominante (0,41 cm). A variabilidade do ciclo das mãos na condição em que a atenção era dirigida à mão Não-Dominante não foi significativamente diferente daquela apresentada nas demais condições, $p > 0,05$. Apesar do fator Mão não ter alcançado nível de significância ($p > 0,05$), é possível observar que a Mão Não-Dominante varia mais as

trajetórias dos ciclos (0,48 cm) do que a Mão Dominante (0,42 cm) nas diferentes condições experimentais (Figura 10).

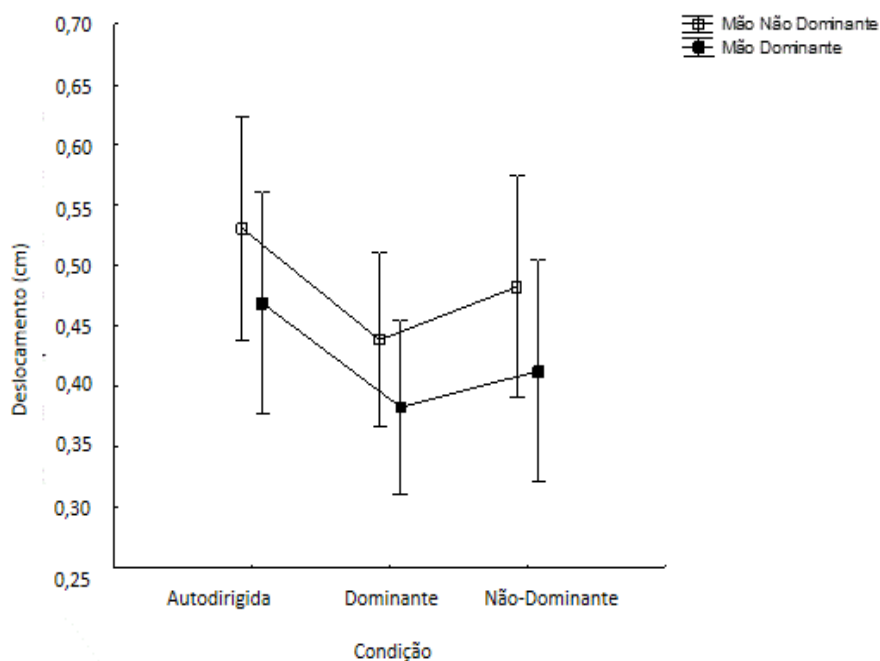


Figura 10. Média e desvio padrão da Variabilidade da trajetória dos ciclos das mãos (cm) Não-Dominante e Dominante nas três condições experimentais.

Pressão (P)

Os resultados da Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 3 (Condição) da variável dependente P mostraram que apenas o fator Grupo alcançou nível de significância, $F(1,52) = 5,699$, $p < 0,05$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 7 na página 99. Os resultados desta ANOVA indicaram que as crianças do grupo TDC utilizaram mais força (2,76 N) para controlar as canetas durante as condições experimentais do que as crianças do grupo DT (2,49 N). Apesar de não haver interações significativas entre os fatores (todos os $p > 0,05$) é possível observar na Figura 11 que os resultados da Pressão apresentados pelas crianças do grupo DT são maiores para a Mão Dominante (2,6 N) do que para a Mão Não-Dominante (2,38 N) nas três condições experimentais.

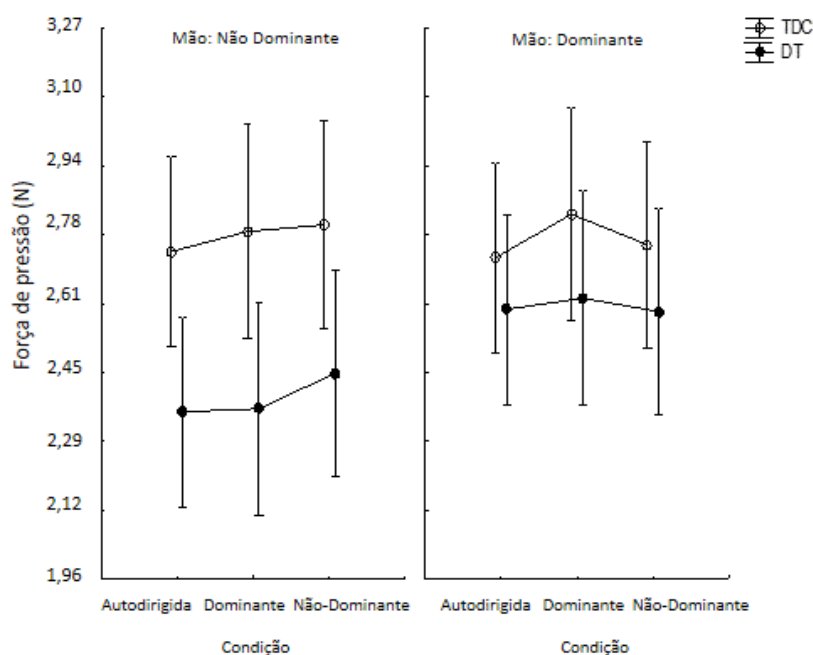


Figura 11. Média e desvio padrão da Pressão (N) das mãos Não-Dominante e Dominante das crianças dos grupos TDC e DT nas três condições experimentais.

Variabilidade da pressão (DPP)

Os resultados da Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 3 (Condição) da variável dependente DPP mostraram que apenas o fator Mão alcançou nível de significância, $F(1, 52) = 12,1240$, $p < 0,01$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 8 na página 99. A ANOVA indicou que, independentemente do grupo e da condição, a Mão Não-Dominante das crianças apresentou força de pressão mais variável (0,23 N) do que a Mão Dominante (0,13 N).

6.2 Experimento 2

6.2.1 Estabilidade do acoplamento entre as mãos

Fase Relativa Contínua (FRC)

Para analisar o acoplamento das trajetórias das duas mãos no padrão de coordenação *fora-de-fase* (180°) nas diferentes condições experimentais foi feita

Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Condição). Os resultados da ANOVA indicaram que os fatores Grupo e Condição alcançaram nível de significância, $F(1,26) = 6,18854$, $p < 0,05$, e $F(1,26) = 4,89121$, $p < 0,05$, respectivamente. Além disso, houve interação significativa entre os fatores Grupo e Condição, $F(1,26) = 4,40031$, $p < 0,05$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 10 da página 100. De maneira geral, os resultados mostraram que as crianças do grupo TDC acoplaram as mãos no padrão *fora-de-fase* ($-267,1^\circ$) de maneira diferente das crianças do grupo DT ($-148,7^\circ$), sendo que essas últimas apresentaram padrões mais semelhantes daquele solicitado nestas condições experimentais (180°). Além disso, as crianças dos dois grupos acoplaram melhor as mãos no padrão *fora-de-fase* na condição Com dica verbal ($-184,1^\circ$) do que na condição Sem dica verbal ($-231,6^\circ$). O teste post-hoc de Tukey mostrou que a interação entre os fatores foi significativa devido ao fato de as crianças do grupo TDC apresentarem angulação de fase maior na condição Sem dica verbal ($-313,3^\circ$) do que as crianças do grupo DT nesta condição ($-149,9^\circ$) e do que elas mesmas na condição Com dica verbal ($-220,8^\circ$), como mostra a Figura 12.

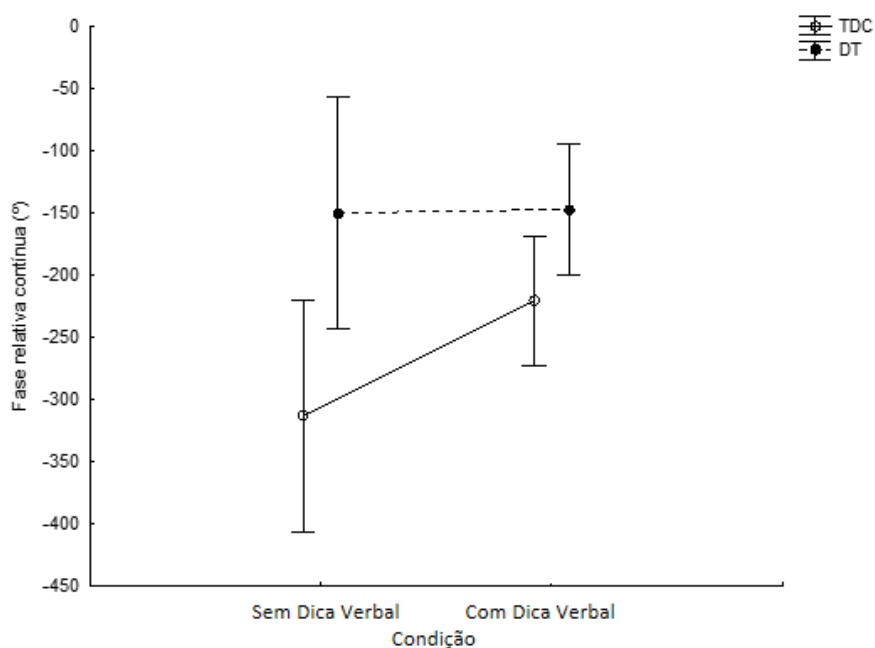


Figura 12. Média e desvio padrão da Fase Relativa Contínua (°) das crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.

Variabilidade da fase relativa contínua (DPFRC)

Os resultados da Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Condição) da variável DPFRC mostraram que o fator Grupo alcançou nível de significância, $F(1,26) = 6,81587$, $p < 0,05$, e que o fator Condição alcançou nível marginalmente significativo, $F(1,26) = 3,59675$, $p = 0,06$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 11 da página 100. Os resultados da ANOVA indicaram que as crianças do grupo TDC apresentaram maior variabilidade do padrão solicitado ($208,7^\circ$) do que as crianças do grupo DT ($65,0^\circ$). Além disso, como observado na Figura 13, os resultados mostraram que as crianças dos dois grupos apresentaram variabilidade, marginalmente, significativamente maior na condição Sem dica verbal ($162,8^\circ$) do que na condição Com dica verbal ($110,9^\circ$).

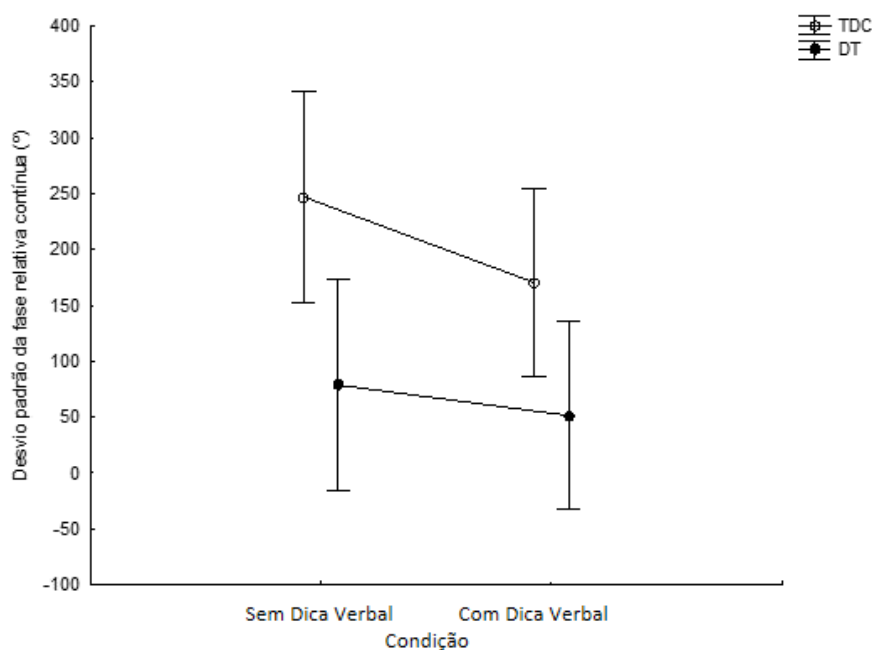


Figura 13. Média e desvio padrão da Variabilidade da Fase Relativa Contínua (°) das crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.

6.2.2 Parâmetros de controle nos padrões de coordenação

Ciclos

Para analisar a quantidade de ciclos das mãos que as crianças realizaram por condição foi feita Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 2 (Condição). Os resultados da ANOVA dos ciclos mostraram diferença significativa para o fator Grupo, $F(1,52) = 5,494$, $p < 0,05$, e interação significativa entre os fatores Grupo e Condição, $F(1,52) = 9,835$, $p < 0,01$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 9 da página 100. Estes resultados indicaram que as crianças do grupo TDC apresentaram mais ciclos (38,4 ciclos) do que as crianças do grupo DT (33,3 ciclos) no presente experimento. O teste post-hoc de Tukey apontou que a interação significativa entre os fatores Grupo e Condição se deu pelo fato de as crianças do grupo DT terem reduzido significativamente o número de ciclos na condição Com dica verbal (31,5 ciclos) em relação às crianças do grupo TDC (39,0

ciclos) e em relação ao número de ciclos que apresentaram na condição Sem dica verbal (35,0 ciclos), como mostra a Figura 14.

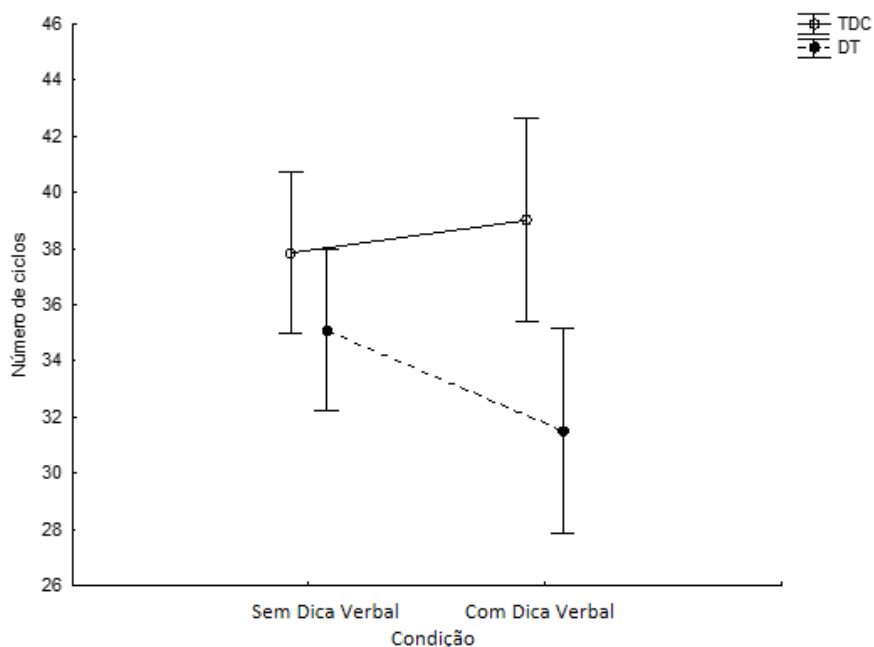


Figura 14. Média e desvio padrão do número de ciclos das mãos apresentado pelas crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.

Trajétoria dos ciclos das mãos (TCM)

Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 2 (Condição) mostrou que nenhum fator ou interação entre os fatores alcançou nível de significância (todos os $p > 0,05$). Todos os resultados desta análise estão na Tabela 12 da página 100. Como mostra a Figura 15, os resultados da ANOVA indicaram que as trajetórias das mãos Dominante e Não-Dominante das crianças dos grupos TDC e DT foram semelhantes nas duas condições experimentais.

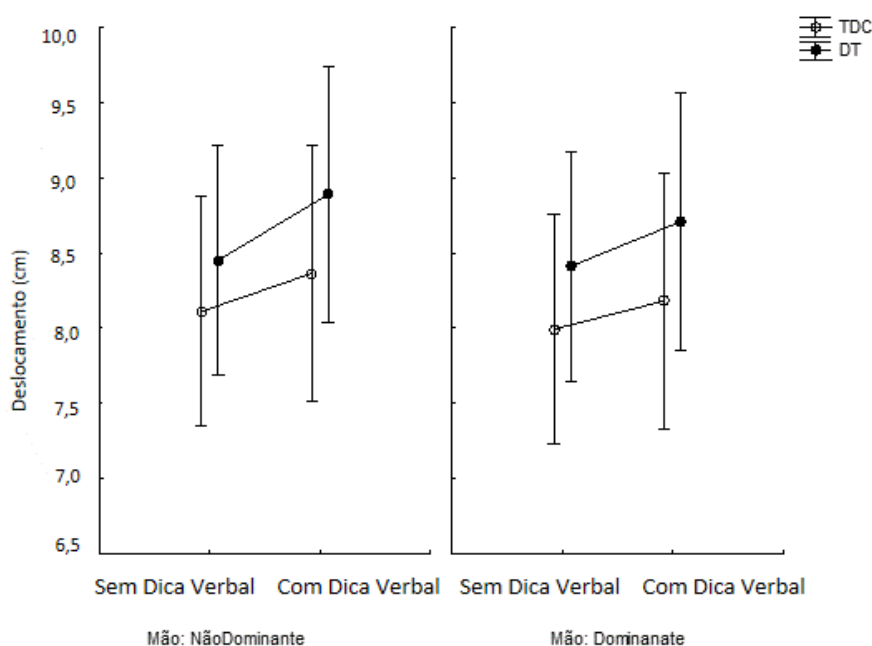


Figura 15. Média e desvio padrão da Trajetória dos ciclos das mãos (cm) Não-Dominante e Dominante das crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.

Variabilidade da trajetória dos ciclos das mão (DPTCM)

Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 2 (Condição) da variável DPTCM indicou que nenhum dos fatores ou interação entre fatores alcançou nível de significância (todos os $p > 0,05$). Todos os resultados desta análise estão na Tabela 13 da página 100. De modo semelhante à média da trajetória dos ciclos das mãos, a variabilidade da mesma foi semelhante entre as mãos Não-Dominante (2,92 cm) e Dominante (2,82 cm), entre as crianças dos grupos TDC (2,78 cm) e DT (2,96 cm) e entre as condições Sem dica verbal (2,80 cm) e Com dica verbal (2,94 cm).

Pressão (P)

Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 2 (Condição) da variável dependente P mostrou que apenas o fator Grupo alcançou nível de significância, $F(1,52) = 12,224$, $p < 0,001$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 14 da página 101. Os resultados da ANOVA indicaram que as crianças do grupo TDC

apresentaram pressão média da caneta sobre o tablete maior (2,70 N) do que as crianças do grupo DT (2,35 N). O teste post-hoc de Tukey mostrou que essa diferença ainda é, principalmente, significativa quando se compara a pressão apresentada pelas crianças do grupo TDC na condição Com dica verbal (2,72 N) com a pressão apresentada pelas crianças do grupo DT na mesma condição (2,31 N), como mostra a Figura 16 ($p < 0,01$).

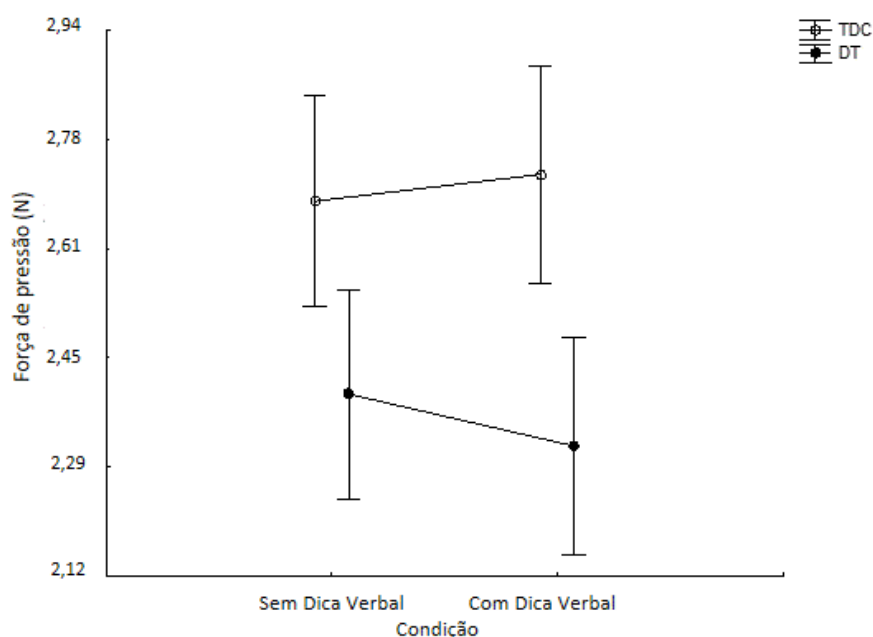


Figura 16. Média e desvio padrão da Pressão (N) das crianças dos grupos TDC e DT nas duas condições experimentais.

Variabilidade da pressão (DPP)

Análise de Variância 2 (Grupo) X 2 (Mão) X 2 (Condição) da variável dependente DPP mostrou que os fatores Grupo e Mão alcançaram nível de significância, $F(1,52) = 5,4254$, $p < 0,05$, e $F(1,52) = 15,6443$, $p < 0,001$. Além disso, a interação entre os fatores Grupo e Mão alcançou nível marginalmente significativo, $F(1,52) = 3,4247$, $p = 0,06$. Todos os resultados desta análise estão na Tabela 15 da página 101. Os resultados da ANOVA indicaram que as crianças do grupo TDC variaram menos a pressão da caneta sobre o tablete (0,24 N) do que as crianças do

grupo DT (0,30 N). Os resultados também indicaram que, independentemente da condição, a mão Não-Dominante apresentou maior variabilidade da pressão da caneta sobre o tablete (0,32 N) do que a mão Dominante (0,22 N). Além disso, o teste post-hoc de Tukey mostrou que a mão Dominante das crianças do grupo TDC varia menos a pressão da caneta sobre o tablete (0,16 N) do que a mão Não-Dominante (0,32 N) e do que a mão Dominante das crianças do grupo DT (0,27 N, Figura 17).

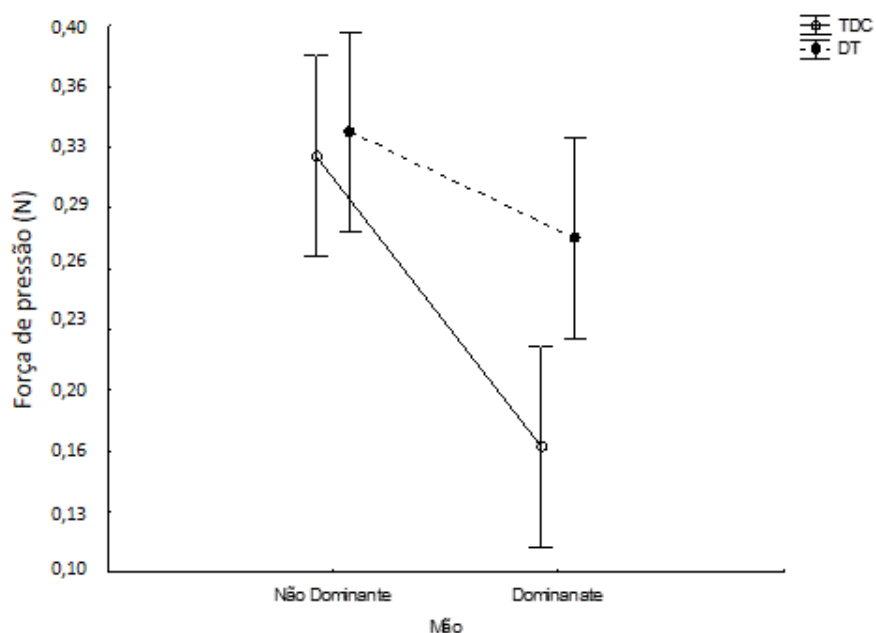


Figura 17. Média e desvio padrão da Variabilidade da Pressão (N) das mãos Não-Dominante e Dominante das crianças dos grupos TDC e DT.

7. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito do foco de atenção na execução de tarefa bimanual por crianças com dificuldade motora (Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação - TDC) e com desenvolvimento típico. Para tanto, o presente estudo propôs a realização de dois experimentos com objetivos específicos de analisar o desempenho das crianças na realização de tarefa de coordenação bimanual com: (i) a atenção dirigida à ação de uma ou da outra mão no padrão de coordenação *em-fase*; e (ii) dica verbal de atenção para manter, o tempo todo, o padrão de coordenação *fora-de-fase*. A discussão do presente estudo foi feita, primeiramente, em relação aos resultados obtidos no Experimento 1, seguida da discussão dos resultados obtidos no Experimento 2. Posteriormente, foi feita conclusão com base no conjunto de resultados e discussões apresentados.

7.1 Experimento 1

A discussão do Experimento 1 focalizará inicialmente as medidas de estabilidade do acoplamento entre as mãos (Fase Relativa Contínua e Desvio Padrão da Fase Relativa Contínua) e, a seguir, os parâmetros de controle nos padrões de coordenação (Trajetória dos Ciclos das Mãos, Desvio Padrão da Trajetória dos Ciclos das Mãos, Pressão e Desvio Padrão da Pressão) apresentados pelas crianças dos dois grupos nas diferentes condições experimentais.

7.1.1 Estabilidade do acoplamento entre as mãos

Nas três condições experimentais, foi solicitado às crianças que acoplassem as trajetórias horizontais das mãos no padrão de coordenação *em-fase*, ou seja, com relação de fase de, aproximadamente, 360° (KELSO, 1981). As três condições experimentais diferiram quanto ao direcionamento do foco de atenção das crianças participantes, sendo que: (i) na condição Autodirigida as crianças não foram solicitadas a direcionar o foco de atenção a nenhuma informação específica durante a realização da tarefa e poderiam realizá-la de maneira livre, satisfazendo a própria opção do sistema, ou espontaneidade do sistema; (ii) na condição Mão Dominante foi solicitado às crianças participantes olhar apenas para a mão dominante durante a realização da tarefa; e (iii) na condição Mão Não-Dominante foi solicitado às crianças olhar apenas para sua mão não-dominante durante a realização da tarefa.

No Experimento 1, as crianças dos dois grupos apresentaram padrões semelhantes de coordenação *em-fase*, independentemente das condições experimentais. Este dado ficou evidenciado pela ausência de diferenças significativas das medidas FRC e DPFRC entre os grupos experimentais. Esses resultados são semelhantes aos de outros estudos que mostraram que crianças com e sem TDC apresentam fases relativas semelhantes quando da solicitação de adoção de padrões de coordenação *em-fase* em tarefas de coordenação bimanual e intermembros (FERRACIOLI e colaboradores, 2014; VOLMAN; GEUZE, 1998; VOLMAN e colaboradores, 2006; WHITALL e colaboradores, 2006). VOLMAN e GEUZE (1998), em específico, sugerem que as dificuldades de coordenação das crianças com TDC são mais evidentes nos padrões de coordenação *fora-de-fase* do que nos padrões de coordenação *em-fase*. A pesquisa acerca dos padrões rítmicos bimanuais dos humanos tem mostrado que o padrão de coordenação *em-fase* é

frequentemente mais preciso e estável (CARSON e colaboradores, 1995; HIRAGA e colaboradores, 2004; KELSO; JEKA, 1992; SWINNEN e colaboradores, 1997) e requer menos ajustes de controle (SCHONER; KELSO, 1988) e menor demanda de atenção (TEMPRADO e colaboradores, 1999) do que o padrão de coordenação *fora-de-fase*.

Com relação aos ajustes de controle, os estudos da estabilidade de padrões de coordenação intermembros têm mostrado que são as alterações no parâmetro de controle (aumento da velocidade, diferenças na amplitude das trajetórias, aumento de ativação dos músculos não-homólogos) que levam à mudanças (ou flutuações) na fase relativa entre dois osciladores e que essas alterações são reduzidas quando da adoção de padrões de coordenação *em-fase*. Com relação a quantidade de atenção requerida nos padrões de coordenação, o estudo de TEMPRADO e colaboradores (1999) solicitou aos participantes realizar movimentos periódicos de pronação-supinação do antebraço com um *joystick* em cada mão, nos padrões de coordenação *em-fase* e *fora-de-fase*, e em condição de tarefa dupla (com diferentes demandas atencionais). Os autores mostraram que o padrão *em-fase* foi o mais fácil de ser mantido em todas as condições, atendendo a influência persistente dos estados estáveis das dinâmicas da coordenação, e por isso, concluíram que este padrão requer pouca atenção para ser realizado e mantido. Estas evidências indicam que é provável que as dificuldades apresentadas pelas crianças com TDC quando dos padrões de coordenação bimanuais e intermembros (FERRACIOLI e colaboradores, 2014; MACKENZIE e colaboradores, 2008; VOLMAN; GEUZE, 1998; VOLMAN e colaboradores, 2006; WHITALL e colaboradores, 2008; WHITALL e colaboradores, 2006) estejam associados aos ajustes de controle e a capacidade à demanda atencional da tarefa e, por isso, são

minimizadas quando realizam padrões de coordenação rítmicos *em-fase*, como apontado no presente experimento.

Com relação ao foco de atenção durante a realização da tarefa no Experimento 1, os resultados mostraram que, apesar de não ter havido diferença significativa entre os grupos e nenhuma interação significativa entre os fatores, as crianças do grupo TDC apresentaram maior FRC na condição em que a atenção foi dirigida para a Mão Dominante (427,8°) do que nas demais condições (Autodirigida: 370,6°; e Mão Não-Dominante: 356,5°) e do que as crianças do grupo DT nesta mesma condição (363,2°). Além disso, os resultados mostraram que, independentemente do grupo, as crianças participantes do presente estudo variaram significativamente mais o padrão de coordenação solicitado na condição em que a atenção foi dirigida para a Mão Dominante (117,6°) do que nas demais condições experimentais (Autodirigida:57,6°; e Mão Não-Dominante: 56,3°). Estes resultados sugerem que dirigir a atenção para a Mão Dominante na tarefa de coordenação bimanual aumenta a dificuldade em acoplar os movimentos das mãos. Isso pode ter ocorrido porque, segundo OLIVEIRA e IVRY (2008), a manipulação da direção da atenção aumenta o grau de independência entre as mãos, em vez de estabilizar os padrões de coordenação.

Este fato pôde ser observado em alguns estudos que manipularam a direção do foco de atenção para a ação das mãos durante a realização de tarefa de coordenação bimanual. No estudo de WUYTS e colaboradores (1996), por exemplo, foi solicitado aos participantes que, em tarefa de coordenação bimanual de desenhar círculos, dirigissem a atenção ora à mão não-dominante, ora à mão dominante. Os resultados mostraram que, quando a mão não-dominante foi o foco da atenção, seus movimentos foram mais circulares e a variabilidade temporal diminuiu. Por outro

lado, os movimentos da mão dominante não foram afetados pela direção da atenção. PELLEGRINI e colaboradores (2004) mostraram que em tarefa de *tapping* bimanual, com o padrão de coordenação simétrico *em-fase*, em dois alvos com a mão esquerda e dois alvos com a mão direita, crianças de 5-12 anos de idade apresentaram redução no tempo de movimento e no número de erros quando direcionaram a atenção para o desempenho da mão não-dominante.

Com base nesses estudos, pôde-se inferir no presente estudo que dirigir a atenção para a mão não-dominante melhorou consideravelmente o desempenho da mesma do que dirigir a atenção para a mão dominante, embora as características globais do padrão de coordenação bimanual não tenham sido alteradas. Estes estudos não mostraram diferenças entre o desempenho na condição em que a atenção foi dirigida para a mão dominante e o desempenho na condição em que a atenção foi neutra, ou seja, dirigida a um ponto no centro entre as mãos, por exemplo (WUYTS e colaboradores, 1996). Segundo esses autores, isso ocorre porque a mão dominante requer menos atenção devido a seu desempenho ser inerentemente superior ao desempenho da mão não-dominante (considerando aprendizagem, genética e/ou a interações entre esses fatores que determinam a dominância manual).

O presente experimento apresentou resultados que corroboram parcialmente com os resultados desses estudos. No presente experimento, não foi evidenciada uma melhora do acoplamento entre as mãos quando a atenção foi dirigida para a mão não-dominante (tendo como referência inicial o desempenho na condição Autodirigida), mas foi evidenciado um aumento na variabilidade do acoplamento entre as mãos quando a atenção foi dirigida para a mão dominante. Isto pode ser explicado pelo fato de que dirigir atenção para a mão dominante leva a

uma redundância de informação ao sistema de ação, não satisfazendo as necessidades perceptivas da tarefa de acoplar os osciladores (informação acerca da mão motoramente mais “fraca”). Segundo POEL e colaboradores (2006) o acoplamento entre os membros é assimétrico, com o membro não-dominante sendo mais influenciado pelo membro dominante do que vice-versa. Portanto, de acordo com estes autores, dirigir o foco de atenção para a mão não-dominante facilitaria o acoplamento entre as mãos.

O fato de não ter havido diferença significativa quanto à variabilidade da fase relativa (DPFRC) entre as mãos quando se compara a condição em que a atenção foi Autodirigida (referência inicial) com a condição em que a atenção foi dirigida para a mão Não-Dominante pode ter ocorrido porque na condição Autodirigida o foco de atenção das crianças não foi dirigido para nenhuma informação específica e, dessa forma, elas eram livres para "prestar atenção" nas informações necessárias que satisfizessem suas dinâmicas intrínsecas. Resultados semelhantes foram apresentados por SWINNEN; JARDIN e MEULENBROEK (1996). Os autores mostraram que dirigir a atenção para a mão dominante durante a tarefa bimanual de desenhar círculos aumentou a diferença temporal entre as mãos dos participantes (adultos jovens) em relação à condição em que a direção da atenção foi livre e à condição em que a atenção foi dirigida para a mão não-dominante. Os autores arguíram que os participantes deveriam estar espontaneamente direcionando o foco de atenção para os movimentos da mão não-dominante logo na condição livre e, por isso, o desempenho delas nessa condição foi semelhante àquele da condição em que a atenção foi experimentalmente direcionada para a mão não-dominante. Assim, pode não ter havido diferença significativa entre o desempenho das crianças na condição Autodirigida e o

desempenho na condição Não-Dominante devido ao fato de poderem já estar direcionando atenção aos movimentos da mão não-dominante na condição em que a atenção era Autodirigida. Para estudos futuros, talvez fosse mais apropriado solicitar aos participantes que direcionasse, a atenção para uma informação neutra na condição Autodirigida (como por exemplo, um ponto no centro entre as mãos) para verificar diferenças mais específicas entre essas duas condições.

7.1.2 Parâmetros de controle nos padrões de coordenação

Com relação às variáveis de controle dos movimentos das mãos, os resultados do Experimento 1 mostraram que as crianças do grupo TDC apresentaram mais ciclos das mãos durante os 30 segundos, menores trajetórias de deslocamento das canetas sobre o tablete e maior pressão no controle das mesmas pelas mãos do que as crianças do grupo DT. De maneira geral, esses resultados apontam para diferentes estratégias de controle motor das mãos adotadas pelos dois grupos de crianças na tarefa experimental, sendo que as crianças com dificuldade motora fizeram movimentos de vai-e-vem mais rápidos, mais curtos e com mais força de pressão do que as crianças com DT.

Alguns estudos têm sugerido que as diferenças de desempenho entre crianças com TDC e com DT são decorrentes de diferenças no controle motor das ações. HUH; WILLIAMS e BURKE (1998), por exemplo examinaram as características do desempenho e medidas neuromusculares (EMG) dos movimentos de apontar com o braço unilateral e bilateral de crianças com e sem TDC. Os resultados mostraram que crianças com TDC prolongam a atividade do músculo agonista e atrasam a atividade do músculo antagonista, o que contribui para uma incapacidade de produzir movimentos estáveis e precisos. Outros estudos que analisaram a atividade muscular também apresentaram dados de co-ativação e co-

contração aumentados em crianças com TDC quando comparadas com crianças com DT na execução de flexão/extensão do joelho nas condições isométrica e isocinética (RAYNOR, 2001) e de tarefa de equilíbrio em apenas uma perna em condições com e sem visão (GEUZE, 2003).

Outro resultado relacionado à estratégias de controle de força de crianças com TDC é proveniente do estudo de PEREIRA e colaboradores (2001), em que as crianças com TDC produziram forças excessivas de preensão quando levantavam objetos, apesar de terem adaptado essas forças em resposta à diferentes superfícies do objeto. De maneira geral, os autores sugeriram que as dificuldades motoras dessas crianças estariam mais associadas aos déficits do estágio de implementação das respostas de controle motor do que às restrições da tarefa e limitações funcionais de adaptação às restrições ambientais. Da mesma forma, OLIVEIRA; LOSS e PETERSEN (2005) mostraram que crianças com TDC apresentam maior variabilidade e menor irregularidade no controle de força pelos dedos devido à incapacidade de explorar a dimensionalidade da resposta motora. Segundo os autores esta incapacidade das crianças resulta em uma resposta motora mais previsível, típica de crianças mais novas, caracterizando um atraso desenvolvimental nas crianças com TDC.

Os resultados apresentados nos estudos citados acima são relevantes para compreensão da produção de padrões rítmicos por crianças com dificuldades motoras, pois indicam os mecanismos subjacentes a tais dificuldades. Apesar do presente estudo não ter medido a atividade muscular das crianças durante a realização da tarefa, o aumento da força de pressão da ponta da caneta sobre o tablete e a diminuição da amplitude de movimento apresentados por crianças do grupo TDC, em comparação aos apresentados por crianças do grupo DT, podem

estar associados à co-contração ou co-ativação da musculatura envolvida no controle dos movimentos das mãos no presente estudo. Com base nesses resultados, sugere-se a existência de diferenças importantes na maneira como o sistema de controle motor das crianças com TDC organiza as respostas bimanuais quando comparadas com as respostas das crianças com DT.

Alguns pesquisadores têm sugerido que as dificuldades de coordenação e controle apresentadas pelas crianças com TDC podem estar relacionadas com disfunções sutis do Sistema Nervoso Central (WILLIAMS; BURKE, 1995), que se manifestam na incapacidade de crianças em organizar e executar movimentos. Diante desta possibilidade, a hipótese é que os gânglios da base, o lobo parietal e o cerebelo estariam diretamente envolvidos nas dificuldades motoras das crianças com TDC (MARIËN e colaboradores, 2010). O cerebelo é uma estrutura neurológica complexa que contém mais da metade do número de neurônios do cérebro. Ele é parte de várias redes neurais envolvidas em processos motores. Acredita-se que, por ele ter um papel importante na sequência, força e tempo das contrações musculares envolvidas no controle postural e nas ações motoras (CANTIN e colaboradores, 2007), a análise das respostas musculares de crianças com TDC durante a realização de tarefas motoras pode indicar déficits proeminentes das possíveis disfunções cerebelares.

Outro resultado do presente experimento diz respeito ao foco de atenção nas condições experimentais. Independentemente do grupo experimental, na condição em que a atenção foi dirigida para a mão dominante as crianças apresentaram mais ciclos das mãos e menor trajetória do deslocamento das canetas sobre o tablete. Esses resultados de parâmetros de controle são semelhantes aos das medidas de coordenação em que as crianças apresentam desempenho

diferenciado na condição em que a atenção é dirigida para a mão dominante, quando comparada com as demais condições experimentais.

De maneira geral, estudos que analisaram a direção do foco de atenção para uma das mãos em tarefa de coordenação bimanual sugerem que os padrões de coordenação, definidos pelas dinâmicas intrínsecas, não se alteram em função da mão que está sendo foco de atenção. O que tem sido apontado é que a mão não-dominante, quando foco de atenção, apresenta melhoras no seu desempenho em relação aos parâmetros de controle (p.ex. precisão, amplitude e tempo de movimento) (PELLEGRINI e colaboradores, 2004; POEL e colaboradores, 2006; SWINNEN e colaboradores, 1996; WUYTS e colaboradores, 1996). Esta predição foi parcialmente observada no presente experimento, não pelo fato da mão não-dominante ter melhorado seu desempenho quando foi atendida, mas pelo fato de as mãos apresentarem estratégias de controle diferentes (movimentos de vai-e-vem mais rápidos e mais curtos) quando a mão dominante era atendida.

Mais uma vez, vale ressaltar que isto pode ter ocorrido pelo fato de dirigir atenção para a mão dominante levar à uma redundância de informação ao sistema de ação, não satisfazendo as necessidades perceptivas da tarefa de acoplar os osciladores (informação acerca da mão motoramente mais “fraca”). Já que a ação da mão não-dominante é mais influenciada pela ação da mão dominante do que vice-versa, o sistema de controle motor das crianças adotaram a estratégia de realizar movimentos mais rápidos e mais curtos quando a informação (decorrente do foco de atenção) foi redundante ao sistema (dirigida para a mão dominante).

A assimetria nas estratégias de controle entre as mãos foi evidenciada pelos resultados de pressão apresentados no presente estudo. Apesar de não ter sido identificada diferença significativa, a mão dominante das crianças de ambos os

grupos apresentou maior força de pressão do que a mão não-dominante, independentemente da condição experimental. No entanto, a mão não-dominante variou mais a pressão do que a mão dominante. Isso ocorreu porque o tablete utilizado para coleta dos dados apresenta capacidade para registrar até 1023 níveis de pressão (deslocamento no eixo Z, Figura 2), correspondente à cerca de 3,01 N. Quando uma das mãos apoia a ponta da caneta à esse nível (1023) e o mantém até o final da tentativa, independente se estiver aplicando mais força de pressão, a variação ainda será zero, pois esse é o nível de pressão máximo que o tablete registra. Desta forma, pode ser que a mão não-dominante tenha variado mais a força de pressão do que a mão dominante devido ao fato de as crianças, de ambos os grupos, terem pressionado a caneta da mão dominante ao máximo no tablete durante as tentativas, reduzindo a variabilidade da pressão a níveis próximos a zero.

7.1.3 Considerações finais do Experimento 1

Com base nos resultados do Experimento 1, podemos inferir que crianças com dificuldade motora conseguem dirigir o foco de atenção para informações específicas da tarefa de coordenação bimanual e apresentam desempenho similar ao de crianças com DT, considerando as mudanças no foco de atenção. Ainda, os padrões de coordenação bimanual *em-fase* exigem poucos ajustes de controle e atenção para sua estabilização e, por isso, crianças dos dois grupos apresentaram padrões semelhantes na tarefa proposta no presente estudo. As principais diferenças apontadas entre crianças do grupo TDC e do grupo DT dizem respeito a estratégias de controle para organizar o sistema motor e responder às demandas da tarefa.

Com relação ao foco de atenção, observou-se que o foco de atenção dirigido para a mão dominante levou a um desempenho inferior na execução da

tarefa de coordenação bimanual pelas crianças de ambos os grupos, quando comparado com o foco de atenção dirigido para a mão não-dominante ou sem ser especificado. Este fato se dá pela mão dominante, inerentemente mais automatizada, requerer menos atenção durante o acoplamento entre as mãos. Dirigir a atenção para a mão dominante levou à uma redundância de informação no sistema, levando-o a aumentar a variabilidade de acoplamento entre as mãos. Além disso, é possível que, em condição de atenção Autodirigida, as crianças atendam espontaneamente à mão não-dominante e, por isso, não há diferença no desempenho das crianças entre essa condição e aquela em que a atenção é dirigida à mão não-dominante. Desta forma, a atenção pôde ser considerada fonte de informação relevante tanto para a estabilidade do padrão de coordenação bimanual (variabilidade da fase relativa contínua) como para os parâmetros de controle do movimento (trajetória e pressão) no presente experimento, sobrepondo-se às dinâmicas intrínsecas de coordenação.

7.2 Experimento 2

A discussão do Experimento 2 também focalizará inicialmente as medidas de estabilidade do acoplamento entre as mãos (Fase Relativa Contínua e Desvio Padrão da Fase Relativa Contínua) e, a seguir, os parâmetros de controle nos padrões de coordenação (Ciclos, Trajetória dos Ciclos das Mãos, Desvio Padrão da Trajetória dos Ciclos das Mãos, Pressão e Desvio Padrão da Pressão) apresentados pelas crianças dos dois grupos nas diferentes condições experimentais.

7.2.1 Estabilidade no acoplamento entre as mãos

No presente experimento, foi solicitado às crianças que acoplassem as trajetórias horizontais das mãos no padrão de coordenação *fora-de-fase*, ou seja, com relação de fase de, aproximadamente, 180° (KELSO, 1981), de acordo com a frequência de um metrônomo que aumentava ao longo dos 30 segundos. O desempenho das crianças do grupo TDC e DT foi analisado em duas condições experimentais: (i) Sem Dica Verbal, em que a criança realizou a tarefa sem nenhuma dica durante a tentativa, e (ii) Com Dica Verbal, em que a criança realizou a tarefa com a pesquisadora responsável motivando-a verbalmente a manter o padrão de coordenação *fora-de-fase* requerido ao longo da tentativa.

Os resultados do presente experimento mostraram que, inicialmente, as crianças dos dois grupos apresentaram padrão de coordenação *fora-de-fase* muito distinto ($-231,6^\circ$) daquele solicitado na tarefa (-180°) durante a condição Sem dica verbal e mais variáveis ($162,8^\circ$) do que na condição Com dica verbal ($110,9^\circ$). Esses resultados corroboram com estudos anteriores que mostraram que padrões de coordenação bimanual e intermembros *fora-de-fase* são variáveis e difíceis de serem mantidos frente à perturbação do sistema (p. ex. aumento da frequência de oscilação) (BEEK; PEPER; STEGEMAN, 1995; FERRACIOLI e colaboradores, 2014; GETCHELL; WHITALL, 2003; HAKEN e colaboradores, 1985; HIRAGA e colaboradores, 2004;2005; KELSO, 1984; MONNO e colaboradores, 2000; POEL e colaboradores, 2006; SCHONER; KELSO, 1988; SWINNEN, 2002; TURVEY, 1990). De maneira geral, os resultados do presente estudo e dos observados na revisão de literatura refletem a atuação das dinâmicas intrínsecas, sendo que o aumento da angulação da fase relativa e da variabilidade da fase relativa nesta condição indica o fenômeno corrente de sistemas auto-organizáveis, quando da

realização de tarefas rítmicas, que é a troca do padrão *fora-de-fase* para o padrão *em-fase* (KELSO, 1984).

Posteriormente, na condição Com dica verbal, foi possível observar que as crianças dos dois grupos conseguiram prestar atenção nas dicas verbais de atenção fornecidas pela pesquisadora e, assim, intencionalmente acoplar o movimento das mãos à uma fase relativa mais semelhante à exigida no padrão de coordenação *fora-de-fase* ($-184,1^\circ$). Resultados semelhantes foram observados no estudo de LEE e colaboradores (1996). Os autores solicitaram à adultos jovens realizar movimentos de pronação-supinação do antebraço no padrão de coordenação *fora-de-fase*. Um grupo de participantes recebeu dica verbal para manter o padrão de coordenação *fora-de-fase* de maneira estável, para que não adotassem o padrão de coordenação *em-fase* em função do aumento da frequência de oscilação, enquanto outro grupo de participantes não recebeu dica para manter o padrão de coordenação o tempo todo. Os resultados mostraram que o grupo que não recebeu dica verbal apresentou resultados de troca espontânea de padrão semelhantes aos já estabelecidos na literatura acerca da coordenação bimanual de humanos. No entanto, o grupo que recebeu dica verbal para manter o padrão de coordenação *fora-de-fase* conseguiu intencionalmente resistir, ou inibir a tendência de troca do padrão *fora-de-fase* para *em-fase* (eles conseguiram manter o padrão com angulação próxima a 180°). Com esses estudos, foi possível considerar que a atenção/intenção, enquanto variável cognitiva funcional, tem influência sobre as tendências dinâmicas de coordenação e pode ser usada como estratégia para coordenar as partes do corpo.

De interesse específico para o presente estudo são os resultados apresentados pelas crianças com dificuldade motora (do grupo TDC). Os resultados

mostraram que as crianças do grupo TDC apresentaram angulação de fase maior na condição sem dica verbal (-313,3°) do que na condição com dica verbal (-220,8°) para manter o padrão *fora-de-fase* o tempo todo. Da mesma forma, as crianças do grupo TDC conseguiram diminuir a variabilidade da fase relativa da condição sem dica verbal (246,9°) para a condição com dica verbal (170,4°). Além disso, se os participantes conseguissem o tempo todo sincronizar os ciclos das mãos com o sinal do metrônomo, seria observado um número médio de 30 ciclos produzido pelos grupos. As crianças do grupo DT apresentaram redução da média de ciclos das mãos da condição sem dica verbal (35,0) para a condição com dica verbal (31,5), melhorando o desempenho em relação à sincronização com o metrônomo. Já as crianças do grupo TDC apresentaram aumento da média de ciclos das mãos da condição sem dica verbal (37,8) para a condição com dica verbal (39,0). Então, considerando a diminuição da variabilidade da FRC e também o aumento do número de ciclos das mãos pelas crianças do grupo TDC, é possível observar que essas crianças conseguiram sincronizar melhor os movimentos das mãos na condição com dica verbal em comparação com a condição sem dica verbal, mas não conseguiram sincronizar os movimentos das mãos com o sinal do metrônomo nas condições experimentais.

Esses resultados auxiliam na compreensão das capacidades das crianças com dificuldade motora. Uma vez que crianças com TDC são apontadas na literatura como sendo desatentas (CHERNG e colaboradores, 2009) e como crianças que apresentam baixa integração visuo-motora (WILMUT e colaboradores, 2007), o presente experimento mostrou que a capacidade atencional de crianças com TDC pode ser usada em estratégias de energia ou esforço para execução de

ação motora coordenada, (MONNO e colaboradores, 2002; PELLEGRINI, 2001), em específico, para coordenar as mãos.

Apesar das crianças do grupo TDC melhorarem o acoplamento entre as mãos da condição sem dica verbal para a condição com dica verbal, elas ainda apresentaram maior variabilidade da fase relativa do que as crianças do grupo DT nas condições experimentais. Esse resultado corrobora os resultados de estudos que compararam crianças com e sem TDC em relação à coordenação bimanual (VOLMAN; GEUZE, 1998; WHITALL e colaboradores, 2008) e intermembros (FERRACIOLI e colaboradores, 2014; MACKENZIE e colaboradores, 2008; VOLMAN e colaboradores, 2006; WHITALL e colaboradores, 2006). De maneira geral, essa maior variabilidade apresentada pelas crianças com TDC quando da execução de padrões rítmicos pode ser entendida como uma estratégia exploratória das informações que precisam ser captadas sobre o próprio indivíduo e sobre o ambiente (DEUTSCH; NEWELL, 2002; SAVELSBERGH e colaboradores, 2006). Em contrapartida, crianças com DT usam estratégia adaptativa apresentando um comportamento rítmico que é mais consistente com as características e demandas da tarefa e do ambiente (FERRACIOLI e colaboradores, 2014). Ainda, a maior variabilidade dos padrões de coordenação de crianças com TDC, em comparação com os de crianças com DT, pode ser entendida como resultado da falta de ajustes necessários nos padrões de coordenação, discutidos no experimento anterior, que refletem o atraso desenvolvimental na organização da resposta pelo sistema de controle motor das crianças com TDC. Novamente, dificuldades de ajustes e de controle motor das crianças do grupo TDC foram observadas no presente experimento e serão discutidas no próximo tópico.

7.2.2 Parâmetros de controle nos padrões de coordenação

De interesse específico para o presente estudo, os resultados mostraram que as crianças do grupo TDC apresentaram mais ciclos das mãos e maior pressão da caneta sobre o tablete nas condições experimentais do que as crianças do grupo DT. Esses resultados são semelhantes aos resultados dos parâmetros de controle nos padrões de coordenação do Experimento 1 e podem significar, mais uma vez, que as crianças com dificuldades motoras adotaram diferentes estratégias de controle motor para coordenar os movimentos e responder às demandas ambientais. As possíveis estratégias de controle dos movimentos na tarefa de coordenação bimanual foram discutidas no tópico 7.1.2 do presente estudo e, por isso, não serão discutidas novamente.

O fato de as crianças do grupo DT variarem mais a pressão da caneta sobre o tablete do que as crianças do grupo TDC pode ter ocorrido, novamente, pela capacidade de registro do tablete a 1023 níveis de pressão. Como as crianças do grupo TDC apresentaram maior força de pressão da caneta sobre o tablete do que as crianças do grupo DT, elas podem ter mantido pressionada ao nível máximo de pressão (1023, ou 3,01 N) e mantido pressionado ao longo da tentativa. Desta forma, o desvio padrão da pressão foi de, aproximadamente, zero. A mesma explicação pode ser dada ao considerarmos que a mão não-dominante variou mais a força de pressão do que a mão dominante nas condições experimentais.

Os dados referentes à variável Trajetória dos Ciclos das Mãos mostraram que as crianças de ambos os grupos apresentaram amplitudes de movimento de vai-e-vem semelhantes nas condições experimentais. De maneira geral, os resultados referentes às variáveis de controle nos padrões de coordenação

não se mostraram influenciados pela presença ou não de dica verbal para manter o padrão de coordenação solicitado.

7.2.3 Considerações finais do Experimento 2

Os resultados apresentados no Experimento 2 são consistentes com estudos prévios sobre a influência do aumento de frequência de oscilação nos padrões de coordenação *fora-de-fase*. Apesar da troca de padrão *fora-de-fase* para o padrão *em-fase* nas condições do Experimento 2 não ter sido mensurada e identificada, é possível inferir que as dinâmicas intrínsecas dos participantes seguiram essa tendência ao se observar as medidas de estabilidade dos padrões (FRC e DPFRC) e o número de ciclos das mãos ao longo dos 30 segundos nas tentativas da condição sem dica verbal.

Com dica verbal para manter o padrão de coordenação *fora-de-fase*, as crianças dos dois grupos conseguiram acoplar melhor os movimentos das mãos ao padrão solicitado e diminuir a variabilidade do mesmo. Assim, tendo em vista que o foco do presente estudo foi a contribuição do papel da atenção no desempenho motor das crianças do grupo TDC, foi possível inferir que as dicas verbais adicionais podem ser utilizadas como estratégias de intervenção em crianças com dificuldade motora para estabilizar um padrão de coordenação bimanual menos estável, mesmo após perturbações do sistema. Apesar disso, crianças do grupo TDC apresentaram maior variabilidade do padrão *fora-de-fase* do que crianças do grupo DT. Essa variabilidade é caracterizada pelas dificuldades de coordenação e controle motor, decorridas do atraso desenvolvimental.

8. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar e discutir o papel do foco de atenção na execução de tarefa de coordenação bimanual por crianças com e sem o Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. Em geral, concluiu-se que as crianças do grupo TDC são capazes de dirigir o foco de atenção para a ação das mãos, tendo em vista que a relação entre dominância manual e direção da atenção em tarefa bimanual foi observada em crianças do grupo TDC da mesma forma como foi observada em crianças do grupo DT. Em específico, foi mostrado que dirigir o foco de atenção para a mão não-dominante favorece o desempenho motor em tarefa de coordenação bimanual por essa mão ser, motoramente, menos desenvolvida e, assim, requerer mais atenção.

Além disso, as evidências permitem concluir que, as dicas verbais de foco de atenção foram utilizadas pelas crianças do grupo TDC para estabilizar um padrão de coordenação bimanual menos estável, mesmo após perturbações do sistema. O foco de atenção, quando direcionado para informações específicas da tarefa bimanual, aumenta a economia de movimento, possivelmente reduzindo a variabilidade no sistema perceptivo-motor, tornando a coordenação e o controle motor bimanual mais precisos. Assim, estratégias de direcionamento do foco de atenção e de dicas verbais adicionais para as informações especificadas da tarefa podem ser utilizadas por profissionais que desenvolvem atividades de intervenção

motora para melhorar o comportamento motor e/ou reabilitação da função neuromotora das crianças com TDC.

Apesar dessas evidências, o desempenho motor das crianças do grupo TDC na tarefa bimanual ainda é mais variável do que o de crianças do grupo DT. No presente estudo, as principais diferenças apontadas entre crianças dos dois grupos dizem respeito a estratégias de controle motor para organizar o sistema e responder às demandas da tarefa. Sugere-se que mais estudos sobre as respostas neuromusculares de crianças com TDC durante a realização de tarefas motoras sejam desenvolvidos para possível identificação de déficits proeminentes do controle motor associados ao TDC.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN-PSYCHIATRIC-ASSOCIATION. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders**. Washington, DC: American Psychiatric Association 1994.

BAK, P. **How nature works: the science of self-organized criticality**. New York: Springer-Verlag, 1996.

BARELA, J. A. Perspectiva dos sistemas dinâmicos: teoria e aplicação no estudo de desenvolvimento motor. In: PELLEGRINI, A. M. (Ed.). **Coletânea de Estudos: Comportamento Motor I**. São Paulo: Movimento, 1997.

BARNHART, R. C.; DAVENPORT, M. J.; EPPS, S. B.; NORDQUIST, V. M. Developmental coordination disorder. **Physical Therapy**, v. 83, n. 8, p. 722-731, 2003.

BEEK, P. J.; PEPPER, C. E.; STEGEMAN, D. F. Dynamical models of movement coordination. **Human Movement Science**, v. 14, p. 573-608, 1995.

BERNSTEIN, N. A. **The coordination and regulation of movements**. Oxford: Pergamon Press, 1967.

BRESCIANI FILHO, E. Sistemas complexos e sistemas dinâmicos. Seminários sobre Auto-Organização, 2008. Universidade Estadual de Campinas. Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência. p.1-19.

BRESCIANI FILHO, E.; D'OTTAVIANO, I. M. L. Sistema dinâmico caótico e auto-organização. In: SOUZA, G. M.; D'OTTAVIANO, I. M. L., *et al* (Ed.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares**. Campinas, SP: Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência - UNICAMP, 2004.

BRESSLER, S. L.; KELSO, J. A. S. Cortical coordination dynamics and cognition. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 5, n. 1, p. 26-36, 2001.

BRYDEN, P. J.; PRYDE, K. M.; ROY, E. A. A Performance Measure of the Degree of Hand Preference. **Brain and Cognition**, v. 44, n. 3, p. 402-414, 2000.

CAIRNEY, J.; HAY, J. A.; VELDHUIZEN, S.; MISSIUNA, C.; FAUGHT, B. E. Developmental coordination disorder, sex, and activity deficit over time: a longitudinal analysis of participation trajectories in children with and without coordination

difficulties. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 52, n. 3, p. 67-72, 2010.

CANTIN, N.; POLATAJKO, H. J.; THACH, W. T.; JAGLAL, S. Developmental coordination disorder: Exploration of a cerebellar hypothesis. **Human Movement Science**, v. 26, n. 3, p. 491-509, 2007.

CARSON, R. G.; GOODMAN, D.; ELLIOTT, D.; KELSO, J. A. S. Asymmetries in the dynamics of interlimb coordination. In: DENIS, J. G. e JAN, P. P. (Ed.). **Advances in Psychology**: North-Holland, v.111, 1995. p.255-288.

CASTELNAU, P.; ALBARET, J. M.; CHAIX, Y.; ZANONE, P. G. Developmental coordination disorder pertains to a deficit in perceptuo-motor synchronization independent of attentional capacities. **Human Movement Science**, v. 26, n. 3, p. 477-490, 2007.

CATTAERT, D.; SEMJEN, A.; SUMMERS, J. J. Simulating a neural cross-talk model for between-hand interference during bimanual circle drawing. **Biological Cybernetics**, v. 81, n. 4, p. 343-358, 1999.

CHEN, W. Y.; WILSON, P. H.; WU, S. K. Deficits in the covert orienting of attention in children with Developmental Coordination Disorder: Does severity of DCD count? **Research in Developmental Disabilities**, v. 33, n. 5, p. 1516-1522, 2012.

CHERNG, R. J.; LIANG, L. Y.; CHEN, Y. J.; CHEN, J. Y. The effects of a motor and a cognitive concurrent task on walking in children with developmental coordination disorder. **Gait & Posture**, v. 29, n. 2, p. 204-207, 2009.

COUSINS, M.; SMYTH, M. M. Developmental coordination impairments in adulthood. **Human Movement Science**, v. 22, n. 4-5, p. 433-459, 2003.

CRAWFORD, S. G.; DEWEY, D. Co-occurring disorders: A possible key to visual perceptual deficits in children with developmental coordination disorder? **Human Movement Science**, v. 27, n. 1, p. 154-169, 2008.

DAVIDS, K.; BUTTON, C.; BENNETT, S. Modeling human motor system in nonlinear dynamics: intentionality and discrete movement behaviors. **Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences**, v. 3, p. 3-30, 1999.

DAVIDS, K.; BUTTON, C.; BENNETT, S. **Dynamics of Skill Acquisition: a constraints-led approach**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2008.

DEBRUN, M. A idéia de auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M. E. Q., *et al* (Ed.). **Auto-Organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes**. Campinas, SP: Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência - UNICAMP, 1996.

DECONINCK, F. J.; DE CLERCQ, D.; SAVELSBERGH, G. J.; VAN COSTER, R.; OOSTRA, A.; DEWITTE, G.; LENOIR, M. Differences in gait between children with

and without developmental coordination disorder. **Motor Control**, v. 10, n. 2, p. 125-42, 2006.

DEUTSCH, K. M.; NEWELL, K. M. Children's coordination of force output in a pinch grip task. **Developmental Psychobiology**, v. 41, n. 3, p. 253-264, 2002.

DEWEY, D.; WILSON, B. N. Developmental coordination disorder: what is it? **Physical Occupational Therapy Pediatric**, v. 20, n. 2-3, p. 5-27, 2001.

DIZ, M. A. R. **Efeito da prática no controle de torque isométrico em crianças com transtorno do desenvolvimento de coordenação**. 2008. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade Humana, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

DSM-IV-TR. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

EDELMAN, G. M. **Bright air, brilliant fire: On the matter of the mind**. New York, NY, US: Basic Books, 1992. xvi, 280.

ENGSTRÖM, D. A.; KELSO, J. A. S.; HOLROYD, T. Reaction-anticipation transitions in human perception-action patterns. **Human Movement Science**, v. 15, n. 6, p. 809-832, 1996.

FERRACIOLI, M. C.; HIRAGA, C. Y.; PELLEGRINI, A. M. Emergence and stability of interlimb coordination patterns in children with developmental coordination disorder. **Research in Developmental Disabilities**, v. 35, n. 2, p. 348-356, 2014.

FLANAGAN, O. **The science of mind**. Cambridge, MA: Bradford Book, The MIT Press, 1991.

FRANZ, E. A.; ZELAZNIK, H. N.; SWINNEN, S.; WALTER, C. Spatial Conceptual Influences on the Coordination of Bimanual Actions: When a Dual Task Becomes a Single Task. **Journal of Motor Behavior**, v. 33, n. 1, p. 103-112, 2001.

GETCHELL, N.; WHITALL, J. How do children coordinate simultaneous upper and lower extremity tasks? The development of dual motor task coordination. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 85, p. 120-140, 2003.

GEUZE, R. H. Static balance and developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 22, n. 4-5, p. 527-548, 2003.

_____. Characteristics of DCD: on problems and prognosis. In: GEUZE, R. H. (Ed.). **Developmental coordination disorder: a review of current approaches**. Marseille, France: Solal, 2007. p.9-25.

GIBSON, J. J. **The ecological approach to visual perception**. Boston: Houghton Mifflin, 1979.

HAKEN, H.; KELSO, J. A. S.; BUNZ, H. A theoretical model of phase transitions in human hand movements. **Human Movement Science**, v. 3, p. 347-356, 1985.

HENDERSON, S. E.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. L. **Movement assessment battery for children-2**. London: Harcourt Assessment, 2007.

HIRAGA, C. Y.; PELLEGRINI, A. M. Coordenação motora: da teoria a prática. In: ROSE JUNIOR, D. (Ed.). **Esporte e atividade física na infância e na adolescência**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009.

HIRAGA, C. Y.; ROCHA, P. R. H.; FERRACIOLI, M. C.; GAMA, D. T.; PELLEGRINI, A. M. Physical fitness in children with probable developmental coordination disorder and normal body mass index. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 16, n. 2, 2014.

HIRAGA, C. Y.; SUMMERS, J. J.; TEMPRADO, J. J. Attentional costs of coordinating homologous and non-homologous limbs. **Human Movement Science**, v. 23, n. 3-4, p. 415-430, 2004.

_____. Effects of attentional prioritisation on the temporal and spatial components of an interlimb circle-drawing task. **Human Movement Science**, v. 24, n. 5-6, p. 815-832, 2005.

HUH, J.; WILLIAMS, H. G.; BURKE, J. R. Development of bilateral motor control in children with developmental coordination disorders. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 40, n. 7, p. 474-484, 1998.

JAMES, W. **The principles of psychology**. New York: Dover, 1980.

KELSO, J. A. S. Contrasting perspectives on order and regulation in movement. In: LONG, J. B., A. (Ed.). **Attention and Performance IX**. Hillsdale, NJ: Lea, 1981. p.437-457.

_____. Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. **American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 246, n. 6, p. 1000-1004, 1984.

_____. **Dynamic Patterns: the self-organization of brain and behavior**. Cambridge, MA: A Bradford / The MIT, 1995.

KELSO, J. A. S.; FINK, P. W.; DELAPLAIN, C. R.; CARSON, R. G. Haptic information stabilizes and destabilizes coordination dynamics. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 268, n. 1472, p. 1207-1213, 2001.

KELSO, J. A. S.; JEKA, J. J. Symmetry breaking dynamics of human multilimb coordination. **Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance**, v. 18, p. 645-668, 1992.

KIRBY, A.; SUGDEN, D. **The adolescent with development co-ordination disorder (DCD)**. London: Jessica Kingsley Publishers, 2003.

KUGLER, P. N.; KELSO, J. A. S.; TURVEY, M. T. On the control and coordination of naturally developing systems. In: KELSO, J. A. S. e CLARK, J. E. (Ed.). **The development of control and coordination**. New York: Wiley, 1982. p.5-78.

LATASH, M. There is no motor redundancy in human movements. There is motor abundance. **Motor Control**, v. 4, p. 259-260, 2000.

LAUFER, Y.; ASHKENAZI, T.; JOSMAN, N. The effects of a concurrent cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. **Gait & Posture**, v. 27, n. 2, p. 347-351, 2008.

LEE, T.; BLANDIN, Y.; PROTEAU, L. Effects of task instructions and oscillation frequency on bimanual coordination. **Psychological Research**, v. 59, n. 2, p. 100-106, 1996.

LI, Y. C.; WU, S. K.; CAIRNEY, J.; HSIEH, C. Y. Motor coordination and health-related physical fitness of children with developmental coordination disorder: a three-year follow-up study. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, n. 6, p. 2993-3002, 2011.

MACKENZIE, S. J.; GETCHELL, N.; DEUTSCH, K.; WILMS-FLOET, A.; CLARK, J. E.; WHITALL, J. Multi-limb coordination and rhythmic variability under varying sensory availability conditions in children with DCD. **Human Movement Science**, v. 27, n. 2, p. 256-69, 2008.

MANDICH, A.; BUCKOLZ, E.; POLATAJKO, H. Children with developmental coordination disorder (DCD) and their ability to disengage ongoing attentional focus: More on inhibitory function. **Brain and Cognition**, v. 51, n. 3, p. 346-356, 2003.

MANDICH, A. D.; POLATAJKO, H. J.; RODGER, S. Rites of passage: Understanding participation of children with developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 22, n. 4-5, p. 583-595, 2003.

MARIËN, P.; WACKENIER, P.; DE SURGELOOSE, D.; DE DEYN, P. P.; VERHOEVEN, J. Developmental coordination disorder: disruption of the cerebello-cerebral network evidenced by SPECT. **The Cerebellum**, v. 9, n. 3, p. 405-410, 2010.

MON-WILLIAMS, M.; TRESILIAN, J. R.; BELL, V. E.; COPPARD, V. L.; NIXDORF, M.; CARSON, R. G. The preparation of reach-to-grasp movements in adults, children, and children with movement problems. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A**, v. 58, n. 7, p. 1249-63, 2005.

MON-WILLIAMS, M. A.; WANN, J. P.; PASCAL, E. Visual-proprioceptive mapping in children with developmental coordination disorder. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 41, n. 4, p. 247-254, 1999.

MONNO, A.; CHARDENON, A.; TEMPRADO, J. J.; ZANONE, P. G.; LAURENT, M. Effects of attention on phase transitions between bimanual coordination patterns: a behavioral and cost analysis in humans. **Neuroscience Letters**, v. 283, n. 2, p. 93-96, 2000.

MONNO, A.; TEMPRADO, J. J.; ZANONE, P. G.; LAURENT, M. The interplay of attention and bimanual coordination dynamics. **Acta Psychologica**, v. 110, n. 2-3, p. 187-211, 2002.

NEWELL, K. M. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M. G. e WHITING, H. T. A. (Ed.). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p.341-360.

OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, n. 1, p. 97-113, 1971.

OLIVEIRA, F. T. P.; IVRY, R. B. The Representation of Action: Insights From Bimanual Coordination. **Current Directions in Psychological Science**, v. 17, n. 2, p. 130-135, 2008.

OLIVEIRA, M. A.; LOSS, J. F.; PETERSEN, R. D. S. Controle de força e torque isométrico em crianças com DCD. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 19, n. 2, p. 89-103, 2005.

OLIVEIRA, M. A.; SHIM, J. K.; LOSS, J. F.; PETERSEN, R. D. S.; CLARK, J. E. Effect of kinetic redundancy on hand digit control in children with DCD. **Neuroscience Letters**, v. 410, n. 1, p. 42-46, 2006.

PELLEGRINI, A. M. O papel da atenção no comportamento motor: o processo de auto-organização em destaque. In: D'OTTAVIANO, I. M. L. e GONZALES, M. E. Q. (Ed.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares**. Campinas, SP: Centro de Lógica Epistemologia e História da Ciência - UNICAMP, 2000.

_____. Revisitando a atenção. In: TEIXEIRA, L. A. (Ed.). **Avanços em comportamento motor**. São Paulo: Movimento, 2001.

PELLEGRINI, A. M.; ANDRADE, E. C.; TEIXEIRA, L. A. Attending to the non-preferred hand improves bimanual coordination in children. **Human Movement Science**, v. 23, n. 3-4, p. 447-460, 2004.

PELLEGRINI, A. M.; FELICIO, P. F. V. Os hábitos na vida diária: pressupostos organizacionais. In: SOUZA, G. M.; D'OTTAVIANO, I. M. L., *et al* (Ed.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares**. Campinas, SP: Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência - UNICAMP, 2004.

PEREIRA, H. S.; LANDGREN, M.; GILLBERG, C.; FORSSBERG, H. Parametric control of fingertip forces during precision grip lifts in children with DCD (developmental coordination disorder) and DAMP (deficits in attention motor control and perception). **Neuropsychologia**, v. 39, n. 5, p. 478-488, 2001.

PETERS, M. Constraints in the performance of bimanual tasks and their expression in unskilled and skilled subjects. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A**, v. 37, n. 2, p. 171-196, 1985.

PIEK, J. P.; SKINNER, R. A. Timing and force control during a sequential tapping task in children with and without motor coordination problems. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v. 5, n. 4, p. 320-9, 1999.

PITCHER, T. M.; PIEK, J. P.; HAY, D. A. Fine and gross motor ability in males with ADHD. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 45, n. 8, p. 525-535, 2003.

POEL, H. J.; PEPPER, C. L.; BEEK, P. J. Intentional switches between bimanual coordination patterns are primarily effectuated by the nondominant hand. **Motor Control**, v. 10, n. 1, p. 7-23, 2006.

POSNER, M. I.; RAICHLE, M. E. **Images of mind**. New York: Scientific American Library, 1994.

QUERNE, L.; BERQUIN, P.; VERNIER-HAUVETTE, M.-P.; FALL, S.; DELTOUR, L.; MEYER, M.-E.; DE MARCO, G. Dysfunction of the attentional brain network in children with Developmental Coordination Disorder: A fMRI study. **Brain Research**, v. 1244, n. 0, p. 89-102, 2008.

RAYNOR, A. J. Strength, power, and coactivation in children with developmental coordination disorder. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 43, n. 10, p. 676-684, 2001.

SAVELSBERGH, G. J.; VAN DER KAMP, J.; ROSENGREN, K. S. Functional variability in perceptual motor development. In: DAVIDS, K.; BENNETT, S., *et al* (Ed.). **Movement System Variability**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2006.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1999.

SCHÖNER, G. Dynamic theory of action-perception patterns: the "moving room" paradigm. **Biological Cybernetics**, v. 64, n. 6, p. 455-462, 1991.

SCHÖNER, G.; HAKEN, H.; KELSO, J. A. S. A stochastic theory of phase transitions in human hand movement. **Biological Cybernetics**, v. 53, n. 4, p. 247-257, 1986.

SCHÖNER, G.; KELSO, J. A. S. Dynamic pattern generation in behavioral and neural systems. **Science**, v. 239, n. 4847, p. 1513-1520, 1988.

SKINNER, R. A.; PIEK, J. Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. **Human Movement Science**, v. 20, p. 73-94, 2001.

SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; NIEMEIJER, A. S.; VAN GALEN, G. P. Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. **Human Movement Science**, v. 20, n. 1-2, p. 161-182, 2001.

SWINNEN, S. P. Intermanual coordination: from behavioural principles to neural-network interactions. **Natural Reviews Neuroscience**, v. 3, n. may, p. 350-361, 2002.

SWINNEN, S. P.; DOUNSKAIA, N.; WALTER, C. B.; SERRIEN, D. J. Preferred and induced coordination modes during the acquisition of bimanual movements with a 2:1 frequency ratio. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 23, n. 4, p. 1087-1110, 1997.

SWINNEN, S. P.; JARDIN, K.; MEULENBROEK, R. Between-limb asynchronies during bimanual coordination: Effects of manual dominance and attentional cueing. **Neuropsychologia**, v. 34, n. 12, p. 1203-1213, 1996.

SWINNEN, S. P.; YOUNG, D. E.; WALTER, C. B.; SERRIEN, D. J. Control of asymmetrical bimanual movements. **Experimental Brain Research**, v. 85, n. 1, p. 163-173, 1991.

TEMPRADO, J. J. A dynamical approach to the interplay of attention and bimanual coordination. In: JIRSA, V. K. e KELSO, J. A. S. (Ed.). **Coordination Dynamics: Issues and Trends**. New York: Springer, 2004.

TEMPRADO, J. J.; MONNO, A.; ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S. Attentional demands reflect learning-induced alterations of bimanual coordination dynamics. **European Journal of Neuroscience**, v. 16, n. 7, p. 1390-1394, 2002.

TEMPRADO, J. J.; ZANONE, P. G.; MONNO, A.; LAURENT, M. Attentional load associated with performing and stabilizing preferred bimanual patterns. **Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance**, v. 25, n. 6, p. 1579-1594, 1999.

TSAI, C. L.; PAN, C. Y.; CHANG, Y. K.; WANG, C. H.; TSENG, K. D. Deficits of visuospatial attention with reflexive orienting induced by eye-gazed cues in children with developmental coordination disorder in the lower extremities: An event-related potential study. **Research in Developmental Disabilities**, v. 31, n. 3, p. 642-655, 2010.

TSANG, P. S.; VELAZQUEZ, V. L.; VIDULICH, M. A. Viability of resource theories in explaining time-sharing performance. **Acta Psychologica**, v. 91, p. 175-206, 1996.

TURVEY, M. T. Coordination. **American Psychologist**, v. 45, n. 8, p. 938-953, 1990.

TURVEY, M. T.; SCHMIDT, R. C.; BEEK, P. J. Fluctuations in interlimb rhythmic coordination. In: NEWELL, K. M. e CORCOS, D. M. (Ed.). **Variability and Motor Control**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1993.

TURVEY, M. T.; SHAW, R. E.; MACE, W. Issues in the theory of action: degrees of freedom, coordinative structures and coalitions. In: REQUIN, J. (Ed.). **Attention and Performance VII**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1978.

VOLMAN, M. J.; GEUZE, R. H. Relative phase stability of bimanual and visuomanual rhythmic coordination patterns in children with a Developmental Coordination Disorder. **Human Movement Science**, v. 17, n. 4-5, p. 541-572, 1998.

VOLMAN, M. J.; LAROY, M. E.; JONGMANS, M. J. Rhythmic coordination of hand and foot in children with Developmental Coordination Disorder. **Child Care Health and Development**, v. 32, n. 6, p. 693-702, 2006.

VON HOLST, E. The behavioral physiology of animal and man. In: MARTIN, R. (Ed.). **The Collected Papers of Erich von Holst**. Coral Gables, FL: University of Miami Press, 1973. p.139-173.

WADE, M. G.; JOHNSON, D.; MALLY, K. A dynamical system perspective of developmental coordination disorder. In: SUGDEN, D. e CHAMBERS, M. E. (Ed.). **Children with developmental coordination disorder**. London: Whurr Publishers, 2005. p.72-92.

WALLACE, S. A. Dynamic pattern perspective of rhythmic movement: an introduction. In: ZELAZNIK, H. N. (Ed.). **Advances in Motor Learning and Control**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.

WHITALL, J.; CHANG, T. Y.; HORN, C. L.; JUNG-POTTER, J.; MCMENAMIN, S.; WILMS-FLOET, A.; CLARK, J. E. Auditory-motor coupling of bilateral finger tapping in children with and without DCD compared to adults. **Human Movement Science**, v. 27, n. 6, p. 914-931, 2008.

WHITALL, J.; GETCHELL, N. Multilimb coordination patterns in simultaneous dissimilar upper and lower limb task. **Human Movement Science**, v. 15, p. 129-155, 1996.

WHITALL, J.; GETCHELL, N.; MCMENAMIN, S.; HORN, C.; WILMS-FLOET, A.; CLARK, J. E. Perception-action coupling in children with and without DCD: frequency locking between task-relevant auditory signals and motor responses in a dual-motor task. **Child Care Health and Development**, v. 32, n. 6, p. 679-692, 2006.

WICKENS, C. D. **Engineering psychology and human performance**. Columbus: Charles Merrill, 1984.

WILLIAMS, H. G.; BURKE, J. R. Conditioned patellar tendon reflex function in children with and without developmental coordination disorders. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v. 12, p. 250-250, 1995.

WILLIAMS, H. G.; WOOLLACOTT, M. H.; IVRY, R. Timing and Motor Control in Clumsy Children. **Journal of Motor Behavior**, v. 24, n. 2, p. 165-172, 1992.

WILMUT, K.; BROWN, J. H.; WANN, J. P. Attention disengagement in children with Developmental Coordination Disorder. **Disability and Rehabilitation**, v. 29, n. 1, p. 47-55, 2007.

WILSON, P. H.; MCKENZIE, B. E. Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: A meta-analysis of research findings. **Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines**, v. 39, n. 6, p. 829-840, 1998.

WUYTS, I. J.; SUMMERS, J. J.; CARSON, R. G.; BYBLOW, W. D.; SEMJEN, A. Attention as a mediating variable in the dynamics of bimanual coordination. **Human Movement Science**, v. 15, n. 6, p. 877-897, 1996.

ZANONE, P. G.; MONNO, A.; TEMPRADO, J. J.; LAURENT, M. Shared dynamics of attentional cost and pattern stability. **Human Movement Science**, v. 20, p. 765-789, 2001.

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - (TCLE) *(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)*

Eu, Marcela de Castro Ferracioli (RG 27.899.331-X), aluna de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias da Unesp de Rio Claro/SP, sob orientação da Profa. Dra. Ana Maria Pellegrini (RG 2.790.035-6), convido seu(a) filho(a), ou menor sob sua responsabilidade, a participar de estudo que tem por objetivo examinar o papel da atenção na coordenação motora em crianças com dificuldades motoras. Os resultados desse estudo poderão trazer benefícios em termos de compreender o processo de atenção na coordenação motora envolvendo as mãos. Além disso, compreender o papel da atenção para melhorar o desempenho em tarefa de coordenação motora.

Inicialmente, você será solicitado a responder um questionário sobre o comportamento motor do seu(a) filho(a) em atividades diárias, que levará aproximadamente 20 minutos para ser completado. Posteriormente, avaliaremos a coordenação motora de seu(a) filho(a). Na avaliação de coordenação motora, seu filho(a) realizará tarefas motoras básicas, como, por exemplo, encaixar pequenos pinos em um tabuleiro, utilizar uma caneta para tracejar um desenho, arremessar e receber uma bolinha, fazer pequenos saltos com as pernas, equilibrar-se sobre uma linha ou superfície estreita. Essa avaliação tem duração de aproximadamente 40 minutos.

Após a avaliação da coordenação motora, seu filho(a) será solicitado a realizar uma tarefa de atenção que envolve coordenar o movimento das duas mãos, dirigindo a atenção, ou seja, direcionando a visão, ora para o movimento da mão direita, ora para o movimento da mão esquerda. Seu filho(a) realizará essa tarefa segurando uma caneta em cada mão e movimentando as mãos em linha reta nas posições horizontal e vertical sobre uma mesa digitalizadora. A mesa digitalizadora é um equipamento eletrônico com superfície plana que registrará os movimentos das duas mãos a partir das canetas. Essa parte da pesquisa terá duração de aproximadamente 30 minutos.

Os procedimentos descritos serão realizados na própria escola de seu filho(a) ou em local conforme sua conveniência. Os procedimentos serão realizados em dias alternados, previamente agendados e avisados aos pais/responsáveis do participante. Os eventuais riscos dessa pesquisa são mínimos, por exemplo, se limitam ao eventual cansaço muscular que seu filho(a) poderá sentir durante a tarefa de coordenação motora ou perda de equilíbrio durante alguma atividade de deslocamento que poderá resultar em queda durante a avaliação da coordenação motora. Todo cuidado será tomado para evitar os eventuais riscos. Caso o cansaço muscular ocorra durante a tarefa de coordenação motora das duas mãos, o procedimento será interrompido para permitir uma pausa para descanso. Nas tarefas da avaliação motora disponibilizaremos espaço livre de obstáculos e confortável para realizar atividades, evitaremos piso escorregadio, adotando piso antiderrapante e estaremos sempre próximos para qualquer eventualidade. No caso do questionário, você poderá deixar de responder questões que não deseja, bem como poderá solicitar esclarecimentos ao pesquisador para responder. Estarei ainda acompanhando todos os procedimentos citados acima a fim de criar um clima amistoso e de respeito.

Informo que você e/ou seu filho(a) têm liberdade para recusar a participar de qualquer procedimento citado, bem como desistir de participar do estudo em qualquer momento, sem justificativa e sem penalização. A qualquer momento você poderá solicitar esclarecimentos sobre a pesquisa diretamente aos pesquisadores, bem como poderá entrar em contato com o CEP/IB/Rio Claro. É importante ressaltar que os dados obtidos não serão associados aos nomes dos participantes e sua identidade e de seu filho(a) serão mantidas em sigilo. Você e seu filho(a) não terão nenhuma despesa, bem como não serão remunerados para participar desse estudo.

Se sentir-se suficientemente esclarecido(a) sobre esse estudo, seus objetivos, eventuais riscos e benefícios, convido-o(a) a assinar este Termo de Consentimento, elaborado em duas vias, sendo que uma ficará com você e outra com a pesquisadora responsável.

_____, ____ de _____ de 201__.

Assinatura do Responsável

Assinatura da Pesquisadora

Dados sobre a Pesquisa:

Título do Estudo: Transtorno do desenvolvimento da coordenação: efeito da atenção dirigida em tarefa bimanual

Pesquisadora Responsável: Marcela de Castro Ferracioli

Orientadora: Ana Maria Pellegrini

Instituição: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Campus Rio Claro/SP.

Endereço: Av. 24^a, 1515, Bela Vista, Rio Claro/SP, Laboratório de Aprendizagem e Desenvolvimento Motor, Departamento de Educação Física

Dados para Contato da pesquisadora: fone (19) 3526 9637 (19) 981474 0456 e-mail: mcf@rc.unesp.br

Dados para Contato da orientadora: fone (19) 3526 9637 e-mail: anapell@rc.unesp.br

Telefone para contato com o Comitê de Ética e Pesquisa: (19) 3626 9678

Dados do participante:

Nome: _____

Sexo: _____ Data de Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____

Telefone para contato: _____

ANEXO II

Inventário de Edinburgh para determinação da Preferência Manual

Nome: _____ Sexo: _____

Data de Nascimento: ____/____/____ Data da Coleta: ____/____/____

Tarefa	Mão Utilizada	
	Direita	Esquerda
1) Escrever		
2) Desenhar		
3) Arremessar uma bola		
4) Uso de tesoura		
5) Escovar os dentes		
6) Uso de colher		
7) Abrir uma caixa (mão da tampa)		
8) Pentear o cabelo		
9) Utilizar uma faca		
10) Utilizar uma vassoura (mão superior)		

% de uso da mão direita =

% de uso da mão esquerda =

% de uso das duas mãos =

ANEXO III

Abaixo estão todos os resultados das Análises de Variância realizadas no presente estudo, relativos à soma dos quadrados (SS) aos graus de liberdade (GL), à média dos quadrados (MS), ao valor da análise (F) e ao nível de significância (P). As interações entre os fatores foi representada pelo símbolo “ * ”.

Tabela 2. Resultado da Análise de Variância da média de ciclos das mãos no Experimento 1.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	498,9	1	498,9	4,517	0,038320
Mão	0,2	1	0,2	0,001	0,969837
Grupo*Mão	0,0	1	0,0	0,000	0,983449
Condição	667,1	2	333,6	73,979	0,000000
Condição*Grupo	12,3	2	6,1	1,363	0,260435
Condição*Mão	1,1	2	0,6	0,123	0,884722
Condição*Grupo*Mão	1,3	2	0,6	0,143	0,866655

Tabela 3. Resultado da Análise de Variância da média da frequência relativa contínua entre as mãos no Experimento 1.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	14088	1	14088	0,6411	0,430557
Condição	23265	2	11633	1,3198	0,275998
Condição*Grupo	19376	2	9688	1,0991	0,340771

Tabela 4. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da frequência relativa contínua entre as mãos no Experimento 1.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	70607,4	1	70607,4	2,28105	0,143022
Condição	68437,3	2	34218,6	4,14513	0,021363
Condição*Grupo	1315,1	2	657,6	0,07966	0,923547

Tabela 5. Resultado da Análise de Variância da média da trajetória dos ciclos das mãos no Experimento 1.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	0,18664	1	0,18664	3,934	0,052618

Mão	0,00013	1	0,00013	0,003	0,958020
Grupo*Mão	0,00017	1	0,00017	0,004	0,952404
Condição	0,25325	2	0,12663	53,324	0,000000
Condição*Grupo	0,01525	2	0,00763	3,212	0,044303
Condição*Mão	0,00010	2	0,00005	0,021	0,978961
Condição*Grupo*Mão	0,00002	2	0,00001	0,004	0,996287

Tabela 6. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da trajetória dos ciclos das mãos no Experimento 1.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	0,000158	1	0,000158	0,1434	0,706514
Mão	0,001644	1	0,001644	1,4930	0,227263
Grupo*Mão	0,000822	1	0,000822	0,7462	0,391663
Condição	0,002240	2	0,001120	5,1457	0,007397
Condição*Grupo	0,000411	2	0,000206	0,9451	0,391959
Condição*Mão	0,000014	2	0,000007	0,0332	0,967330
Condição*Grupo*Mão	0,000378	2	0,000189	0,8691	0,422345

Tabela 7. Resultado da Análise de Variância da força de pressão das mãos no Experimento 1.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	290230	1	290230	5,699	0,020647
Mão	43362	1	43362	0,851	0,360408
Grupo*Mão	49217	1	49217	0,966	0,330131
Condição	7236	2	3618	1,218	0,300011
Condição*Grupo	2782	2	1391	0,468	0,627329
Condição*Mão	6981	2	3490	1,175	0,312861
Condição*Grupo*Mão	679	2	340	0,114	0,892079

Tabela 8. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da força de pressão das mãos no Experimento 1.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	173,0	1	173,0	0,0544	0,816451
Mão	38530,6	1	38530,6	12,1240	0,001018
Grupo*Mão	3173,1	1	3173,1	0,9984	0,322316
Condição	560,4	2	280,2	0,1976	0,820979
Condição*Grupo	1154,6	2	577,3	0,4072	0,666594
Condição*Mão	109,5	2	54,8	0,0386	0,962134
Condição*Grupo*Mão	1409,6	2	704,8	0,4971	0,609739

Tabela 9. Resultado da Análise de Variância da média de ciclos das mãos no Experimento 2.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	737,2	1	737,2	5,494	0,022935
Mão	11,6	1	11,6	0,086	0,770195
Grupo*Mão	6,2	1	6,2	0,046	0,830778
Condição	41,3	1	41,3	2,570	0,114939
Condição*Grupo	157,9	1	157,9	9,835	0,002816
Condição*Mão	0,5	1	0,5	0,033	0,857354
Condição*Grupo*Mão	0,7	1	0,7	0,042	0,838725

Tabela 10. Resultado da Análise de Variância da média da frequência relativa contínua entre as mãos no Experimento 2.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	196092	1	196092	6,18854	0,019596
Condição	31574	1	31574	4,89121	0,035989
Condição*Grupo	28405	1	28405	4,40031	0,045802

Tabela 11. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da frequência relativa contínua entre as mãos no Experimento 2.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	289007	1	289007	6,81587	0,014799
Condição	37674	1	37674	3,59675	0,069056
Condição*Grupo	8517	1	8517	0,81310	0,375484

Tabela 12. Resultado da Análise de Variância da média da trajetória dos ciclos das mãos no Experimento 2

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	0,05733	1	0,05733	1,578	0,214658
Mão	0,00476	1	0,00476	0,131	0,718902
Grupo*Mão	0,00011	1	0,00011	0,003	0,957114
Condição	0,02425	1	0,02425	2,661	0,108871
Condição*Grupo	0,00152	1	0,00152	0,166	0,685078
Condição*Mão	0,00074	1	0,00074	0,081	0,776715
Condição*Grupo*Mão	0,00011	1	0,00011	0,012	0,914494

Tabela 13. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da trajetória dos ciclos das mãos no Experimento 2.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	0,009546	1	0,009546	0,9228	0,341193

Mão	0,002740	1	0,002740	0,2649	0,608958
Grupo*Mão	0,001729	1	0,001729	0,1671	0,684386
Condição	0,006270	1	0,006270	2,2332	0,141119
Condição*Grupo	0,000041	1	0,000041	0,0147	0,903950
Condição*Mão	0,000277	1	0,000277	0,0985	0,754886
Condição*Grupo*Mão	0,000670	1	0,000670	0,2387	0,627167

Tabela 14. Resultado da Análise de Variância da força de pressão das mãos no Experimento 2

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	317228	1	317228	12,224	0,000974
Mão	59877	1	59877	2,307	0,134824
Grupo*Mão	11703	1	11703	0,451	0,504841
Condição	927	1	927	0,126	0,724246
Condição*Grupo	9123	1	9123	1,238	0,270885
Condição*Mão	3677	1	3677	0,499	0,483037
Condição*Grupo*Mão	2400	1	2400	0,326	0,570582

Tabela 15. Resultado da Análise de Variância do desvio padrão da força de pressão das mãos no Experimento 2.

Efeito	SS	GL	MS	F	P
Grupo	10315,6	1	10315,6	5,4254	0,023765
Mão	29745,3	1	29745,3	15,6443	0,000232
Grupo*Mão	6511,5	1	6511,5	3,4247	0,069914
Condição	1753,3	1	1753,3	1,1524	0,287999
Condição*Grupo	4759,7	1	4759,7	3,1285	0,082798
Condição*Mão	0,3	1	0,3	0,0002	0,988799
Condição*Grupo*Mão	2444,6	1	2444,6	1,6069	0,210581