



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

JORGE LOPES CAVALCANTE NETO

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE AUTONÔMICO CARDÍACO E OS EFEITOS DE  
INTERVENÇÕES COM E SEM REALIDADE VIRTUAL NO DESEMPENHO  
MOTOR EM CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA  
COORDENAÇÃO**

SÃO CARLOS  
2018

JORGE LOPES CAVALCANTE NETO

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE AUTÔNOMICO CARDÍACO E OS EFEITOS DE INTERVENÇÕES COM E SEM REALIDADE VIRTUAL NO DESEMPENHO MOTOR EM CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA COORDENAÇÃO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Fisioterapia. Área de Concentração: Processos Básicos, desenvolvimento e recuperação funcional do sistema nervoso.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eloisa Tudella

SÃO CARLOS  
2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

Folha de Aprovação

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Jorge Lopes Cavalcante Neto, realizada em 11/12/2018:

---

Profa. Dra. Eloisa Tudella  
UFSCar

---

Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro  
USP

---

Profa. Dra. Lemke Dorothee Jelsma  
U of G

---

Profa. Dra. Daniela Godoi Jacomassi  
UFSCar

---

Profa. Dra. Paula Silva de Carvalho Chagas  
UFJF

Investigação conduzida no Laboratório de Avaliação do Desenvolvimento Funcional (LADeF)/Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade da Universidade Federal de São Carlos, com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2015/24291-0, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Bolsa de Doutorado Sanduíche, processo PDSE 88881.132598/2016-01) e Universidade do Estado da Bahia (UNEB) (Bolsa PAC de Doutorado).

## **DEDICATÓRIA**

Eu dedico este trabalho a todas as crianças participantes deste estudo, as quais me ensinaram como estar disposto e motivado todo tempo, bem como acreditar na efetividade das intervenções propostas.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me manter em paz e fortalecer minha fé, mesmo diante de todos os obstáculos e cansaço.

Aos meus pais Jacira e Jorge (em memória) por minha vida, educação e todo encorajamento e apoio. Eu amo muito vocês e não tenho palavras suficientes para dizer quão importante vocês são em minha vida! Eu tenho muito orgulho de vocês e eu sempre irei ser grato por tudo. Eu tenho seguido todos os seus conselhos e mensagens e eu espero estar sempre no caminho certo. Eu acredito no poder da educação porque somente a educação é forte o suficiente para transformar vidas. Muito Obrigado pela oportunidade de transformar minha vida através da educação.

Para minha irmã Flávia por apoiar minhas decisões e me ajudar em tudo, mesmo à distância. Eu amo você e sei que nossos sentimentos são maiores que tudo.

Para minha família e meus parentes por toda motivação e apoio. Eu sei o quanto foi difícil estar longe em momentos especiais. Eu sei o preço, mas eu segui meus sonhos! Eu espero que vocês possam ser capazes de me entender e me perdoar pelas ausências. Eu sou muito agradecido por todo cuidado com minha mãe e por tudo.

Para a minha orientadora, a professora Dra. Eloisa Tudella, pela oportunidade de realizar meu Doutorado em um excelente programa de Pós Graduação, bem como pela oportunidade de fazer parte do seu Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade (NENEM). Eu sou muito grato a você por ter acreditado em mim, em meu potencial e neste projeto. Muito Obrigado por toda instrução, ensinamento e suporte durante todos esses anos em São Carlos. Eu sei o quanto este projeto foi desafiador para você e para nós, mas você acreditou nele e nós fizemos esta idéia se tornar real. Eu irei ser sempre grato por tudo.

Para o meu co-orientador e amigo, o professor Dr. Antonio Roberto Zamunér, por todo ensinamento sobre controle autonômico cardíaco, análise estatística, desenhos de estudos, sobre língua inglesa e por toda sua paciência. Eu irei ser sempre grato por todo seu apoio. Muito Obrigado por me inspirar a ter novas e inovadoras idéias; você é o melhor pesquisador que eu já conheci na vida.

Para o meu supervisor estrangeiro, o professor Dr. Bert Steenbergen, por ter me aceitado em seu laboratório na Universidade Radboud, em Nijmegen, na Holanda. Eu tive a oportunidade de passar um excelente período fora do Brasil e sua supervisão foi essencial para melhorar minhas idéias para o meu estudo de Doutorado. Muito Obrigado por toda paciência e atenção durante todo o ano que passei em Nijmegen. Obrigado por esta espetacular e única oportunidade. Meu estágio sanduíche fora do país mudou minha vida e melhorou minhas ideias sobre Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação, aprendizagem motora e pesquisas em geral.

Ao professor Dr. Peter Wilson por seu interesse em meu projeto e por sua atenção e apoio em meu manuscrito. Suas idéias foram muito importantes para fazer meu principal manuscrito da tese se tornar realidade. Muito Obrigado!

A professora Dra. Roberta Carreira por seu apoio em minha revisão sistemática e por todo ensinamento sobre esta temática. Eu sou muito agradecido por sua orientação; Muito Obrigado!

A professora Dra. Tatiana Sato por sua atenção e cooperação neste projeto. Muito Obrigado por me proporcionar um entendimento mais claro sobre estatística.

Aos professores Dra. Daniela Godoi, Dr. Carlos Bandeira, Dra. Dorothee Jelsma, Dra. Paula Chagas e todos os professores suplentes por aceitarem fazer parte de minha defesa de Doutorado. Muito Obrigado por lerem minha tese e por todas as considerações e comentários realizados.

Aos meus amigos e irmãos Rodrigo, Flávio e David por fazerem minha vida em São Carlos melhor. Muito Obrigado por todo suporte durante meus estudos de Doutorado e por cuidarem de mim todo o tempo. Eu amo vocês meus amigos! Eu tenho aprendido muito com vocês e tenho certeza que nós somos os verdadeiros super-heróis deste mundo; juntos nós somos mais fortes!

Aos meus avaliadores (Liz, Ana Cristina e Amanda) e meus terapeutas do projeto (Rodrigo, Priscila, Carina, Camila, Paula, Danusa, Marcella e Luiza) por toda ajuda durante as coletas de dados. De verdade, eu não seria capaz de ter feito nada sem vocês! Muito Obrigado!

A todos os meus colegas do NENEM por compartilharem interessantes experiências e apoiarem um ao outro todo o tempo.

A Ana Paula Vadico pelo apoio técnico neste projeto.

A FAPESP e CAPES pelo financiamento e pela bolsa de Doutorado Sanduíche, respectivamente; este apoio foi essencial para a realização deste projeto.

A Universidade do Estado da Bahia (UNEB) pelo afastamento e pela bolsa de estudos durante meu Doutorado. Este apoio foi essencial durante esta etapa. Eu gostaria também de dizer muito obrigado aos meus colegas de trabalho da UNEB, em particular aos amigos Osni, Michael, Amália e Laura, por apoiarem minhas idéias e projetos durante meu período de afastamento.

Ao meu colega de trabalho, amigo e irmão Professor Osni Oliveira Noberto da Silva por todo apoio durante meu afastamento. Muito Obrigado por toda colaboração com minhas turmas e disciplinas, em nosso curso de especialização e por ter assumido a função de me substituir oficialmente enquanto eu estava ausente.

Aos meus amigos e irmãos de caminhada por me levantarem várias vezes, mesmo durante minhas ausências e mudanças de humor. Um muito obrigado super especial a Nakano, Leandro, Jana e Ana Roselle. Eu tenho muito orgulho de ter vocês em minha vida.

Ao meus amigos holandeses, internacionais e brasileiros que a Holanda me proporcionou conhecer. Em particular, aos amigos brasileiros do prédio 510 em Amsterdam; vocês são espetaculares! Vocês foram minha família durante o período que morei na Holanda; muito obrigado por tudo! Eu tenho um agradecimento especial a Omar, Catina, Lívia, Giovanni, Pepino, Galin, Tiebe, Cris, Dave, Diego, Rina, Putinga, Isaac e Jéssica.

As minhas amigas do grupo VIP's: Naty, Ana, Mari e Cris; vocês são demais!

A todos os funcionários da Universidade Federal de São Carlos, da Universidade Radboud e da Universidade do Estado da Bahia.

A todas as crianças e seus pais que participaram como voluntários do estudo pela cooperação e participação durante cada etapa desta pesquisa.

As escolas participantes por permitirem o desenvolvimento deste projeto em seus espaços físicos.



*A zona de conforto deve ser apenas um lugar temporário; para seus sonhos se tornarem realidade, você deve mudar e se mover constantemente. Você deve ser inquieto e curioso como uma criança.*

## RESUMO

O Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) é uma condição crônica, caracterizada por comprometimento motor significativo, que interfere na funcionalidade durante a realização de atividades de vida diária, acadêmicas e de lazer. Crianças com TDC apresentam reduzido desempenho motor e baixos níveis de participação social, quando comparados a seus pares com desenvolvimento típico. Diversas restrições em relação a participação em atividades em grupos são documentadas, visto que essas crianças possuem baixa motivação diante de seus pares mais habilidosos. Devido as restrições nesses diferentes aspectos, crianças com TDC comumente apresentam consequências secundárias associadas com o pobre desempenho motor, como disfunções cardiovasculares. Dada a importância de intervenções efetivas e motivacionais para crianças com TDC, estudos prévios tem testado os efeitos de intervenção com Realidade Virtual (RV) no sentido de melhorar a condição motora dessas crianças. Contudo, evidências com relação aos efeitos de intervenção com RV versus intervenção sem RV, como modalidades de intervenção orientadas à tarefa, ainda são escassas. Além disso, em relação às consequências relativas a saúde cardiovascular, em particular o controle autonômico cardíaco, estudos que caracterizem este perfil em crianças com TDC ainda não foram conduzidos. Assim, esta tese foi composta por quatro estudos, objetivando elucidar o conhecimento sobre aspectos relacionados a intervenção com realidade virtual para crianças com TDC, bem como o perfil cardiovascular dessas crianças com o foco no controle autonômico cardíaco. O **Estudo I**, intitulado “**Análise linear e não linear do controle autonômico cardíaco em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação: um estudo caso-controle**”, teve como objetivo avaliar o controle autonômico cardíaco através de análise linear e não-linear na postura supina e durante estímulo ortostático em crianças com TDC, em risco para TDC (r-TDC) e com desenvolvimento típico. Os resultados indicaram ajuste autonômico limitado para o estímulo ortostático e mais baixa modulação parassimpática no postura supina em crianças com TDC quando comparadas com r-TDC e crianças com desenvolvimento típico. O **Estudo II**, intitulado “**A realidade virtual é efetiva na melhoria do desempenho motor de crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação? Uma revisão sistemática**”, teve como objetivo sintetizar evidência sobre a efetividade de intervenções com realidade virtual para melhorar o desempenho motor em crianças com TDC. Os resultados não mostraram evidência suficiente para suportar ou refutar o uso da RV no sentido de melhorar o desempenho motor em crianças com TDC. O **Estudo III**, intitulado “**Intervenção motora com e sem Nintendo Wii® para crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação: protocolo de um ensaio clínico randomizado**”, teve como objetivo apresentar um protocolo para sistematicamente comparar os efeitos de duas intervenções motoras (uma baseada em atividades motoras do Nintendo Wii® e outra não baseada no Nintendo Wii®) no desempenho motor em crianças com TDC. O novo protocolo irá ajudar pesquisadores e terapeutas a entender melhor os benefícios de intervenção baseada nas atividades do Wii sobre aquelas obtidas com intervenções sem o uso do Nintendo Wii em crianças com TDC. Além disso, os resultados oriundos deste protocolo de intervenção irão também criar mais métodos sistematizados para replicação na prática clínica. Por fim, o **Estudo IV**, intitulado “**A intervenção motora baseada no Wii é melhor que uma pareada intervenção de tarefa específica para**

**crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação? Um ensaio controlado-randomizado**”, que teve como objetivo comparar a eficácia relativa da intervenção com Wii versus intervenção de tarefa específica (TST) sem Wii nas habilidades de movimento por meio de atividades motoras pareadas selecionadas para intervenção. Os resultados demonstraram benefícios similares para ambas as intervenções, considerando que todas as crianças com TDC que participaram no Wii e no TST melhoraram de forma significativa a pontuação total padronizada da Movement Assessment Battery for Children – Segunda edição (MABC-2). Além disso, considerando os componentes motores da MABC-2, a intervenção com Wii apresentou um efeito pronunciado na destreza manual enquanto a TST proporcionou efeito pronunciado no equilíbrio.

**Palavras-chave:** transtorno do desenvolvimento da coordenação, realidade virtual, intervenção com Wii, treino orientado a tarefa, treino de tarefa específica, desempenho motor, aprendizagem motora, variabilidade da frequência cardíaca, controle autonômico cardíaco, escolares

## ABSTRACT

Developmental coordination disorder (DCD) is a chronic condition characterized by significant motor impairment that interferes with functionality when performing academic, leisure and daily activities. Children with DCD have reduced motor skills and lower levels of social participation compared to their peers with typical development. Several restrictions regarding participation in group activities are documented since these children present with lower motivation in front of their more skilled peers. Due the restrictions in these different settings, children with DCD commonly present secondary consequences associated with their poor motor performance, such as cardiovascular dysfunction. Given the importance of motivational and effective interventions for children with DCD, previous studies have tested the effects of virtual reality (VR) training in order to improve their motor conditions. However, evidence with regard to the effects of VR training versus non-VR training, such as task-oriented training modalities, are still unclear. In addition, with respect to consequences regarding cardiovascular health, in particular cardiac autonomic control, studies to characterize this profile in children with DCD have not been conducted. Thus, this thesis consisted of four studies to shed light on unknown aspects regarding virtual reality training for children with DCD as well as their cardiovascular profiles with a focus on cardiac autonomic control. **Study I**, entitled '**Linear and nonlinear analyses of the cardiac autonomic control in children with developmental coordination disorder: a case-control study**', aimed to assess cardiac autonomic control by linear and nonlinear analysis at supine and during orthostatic stimulus in DCD, at risk for DCD (r-DCD) and typically developed children. The results indicated blunted cardiac autonomic adjustment to the orthostatic stimulus and lower parasympathetic modulation in the supine position in children with DCD when compared with r-DCD and typically developed children. **Study II**, entitled '**Is virtual reality effective in improving the motor performance of children with developmental coordination disorder? A systematic review**', aimed to synthesize evidence on the effectiveness of VR interventions for motor performance improvement in children with DCD. The results did not show enough evidence to support or refute the use of VR in order to improve motor performance in children with DCD. **Study III**, entitled '**Motor intervention with and without Nintendo® Wii for children with developmental coordination disorder: protocol for a randomized clinical trial**', aimed to present a protocol to systematically compare the effects of two motor training programs (one Wii-based and the other non-Wii motor activities) on motor learning in children with DCD. The new protocol will help researchers and therapists to better understand the benefits of Wii-based motor intervention over those obtained with non-Wii interventions in children with DCD. In addition, the results from this intervention protocol will also create more systematized methods for replication in clinical practice. Finally, **Study IV**, entitled '**Is Wii-based motor training better than matched task-specific training for children with developmental coordination disorder? A randomized controlled trial**', aimed to compare the relative efficacy of Wii-training versus non-Wii, task-specific training (TST) on movement skills by closely matching the type of motor activities selected for intervention. The results demonstrated similar benefits from both interventions, since all children with DCD who

participated in Wii and TST groups improved significantly regarding their Movement Assessment Battery for Children – Second edition (MABC-2) total standard score. In addition, considering the MABC-2 components scores, Wii-based training had a more pronounced effect on manual dexterity while TST did for balance skills.

**Keywords:** developmental coordination disorder, virtual reality, Wii training, task-oriented training, task-specific training, motor performance, motor learning, heart rate variability, cardiac autonomic control, school children

## LISTA DE FIGURAS

### ESTUDO II

Figura 1:	Estágios seguidos ao longo do processo de revisão sistemática .....	67
-----------	---------------------------------------------------------------------	----

### ESTUDO III

Figura 1:	Fluxograma de inclusão dos participantes .....	95
Figura 2A:	Frisbee .....	102
Figura 2B:	Alvo do Frisbee .....	102
Figura 3:	Mesa do Tênis de mesa .....	103
Figura 4:	Garrafas PET na área de alvo do boliche .....	104
Figura 5A:	Arco e Flecha .....	105
Figura 5B:	Alvo para arco e flecha .....	105
Figura 6:	Disco de equilíbrio .....	106
Figura 7:	Traves de equilíbrio .....	107

### ESTUDO IV

Figura 1:	Descrição do processo de recrutamento e randomização .....	127
Figura 2:	Comparações entre os grupos Wii e TST na mudança $\Delta$ (Valor Pós-teste menos valor pré-teste) para a pontuação total padronizada da MABC-2 e os domínios Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio .....	135
Figura 3:	Valores individuais de pré e pós-teste da pontuação total padronizada da MABC-2, e dos domínios de Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio das 16 crianças do grupo de intervenção Wii .....	136
Figura 4:	Valores individuais de pré e pós-teste da pontuação total padronizada da MABC-2, e dos domínios de Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio das 16 crianças do grupo de intervenção TST .....	137

## LISTA DE TABELAS

### ESTUDO I

Tabela 1:	Características demográficas de crianças com desenvolvimento típico (GC), crianças em risco para transtorno do desenvolvimento da coordenação (r-TDC) e crianças com TDC .....	44
Tabela 2:	Índices lineares e não lineares da variabilidade da frequência cardíaca de crianças com desenvolvimento típico (GC), e crianças em risco para transtorno do desenvolvimento da coordenação (r-TDC) e aquelas com TDC agrupadas	44
Tabela 3:	Índices lineares e não lineares da variabilidade da frequência cardíaca de crianças com desenvolvimento típico (GC), crianças em risco para transtorno do desenvolvimento da coordenação (r-TDC) e àquelas com TDC .....	46

### ESTUDO II

Tabela 1:	Síntese das principais características e resultados dos estudos incluídos na revisão .....	70
Tabela 2:	Avaliação da qualidade dos estudos de acordo com a escala PEDro .....	72
Tabela 3:	Qualidade da evidência avaliada pela grade .....	73

### ESTUDO III

Tabela 1:	Sequência de atividades do protocolo de intervenção .....	96
Tabela 2:	Atividades do treinamento com Wii e os três domínios .....	98
Tabela 3:	Atividades do protocolo experimental sem o Wii .....	101
Tabela 4:	Sequência dos movimentos do Disco de Equilíbrio .....	106

### ESTUDO IV

Tabela 1:	Tarefas realizadas nos protocolos de treinamento com Wii e de tarefa específica (TST) .....	129
Tabela 2:	Características de linha de base das crianças com Transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC) entre os grupos de intervenção .....	132
Tabela 3:	Pré-teste, pós-teste, e médias das mudanças na pontuação total padronizada da MABC-2, e sub-escalas Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio para os grupos Wii e TST .....	133
Tabela 4:	ANCOVA em cada desfecho medido ajustado por pontuações de linha de base nas medidas (pontuação total padronizada da MABC-2, pontuações dos componentes Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio), mostrando a significância das diferenças entre os grupos de intervenção Wii e TST .....	134

## **LISTA DE ABREVIACÕES**

**ANCOVA** – Análise de co-variância

**APA** – American Psychiatric Association (Associação Americana de Psiquiatria)

**VGA** – Video-game ativo

**IMC** – Índice de Massa Corporal

**BOT-2** - Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, 2nd edition

**CCTs** – Ensaio clínico controlado

**CO-OP** – Cognitive Orientation to daily Occupational Performance

**CSQ** - Co-ordination Skills Questionnaire

**TDC** – Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação

**DCDQ** – Developmental Coordination Disorder Questionnaire

**DSM-V** – Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – Fifth edition (Manual diagnóstico e estatístico dos transtornos mentais – Quinta edição)

**VFC** – Variabilidade da Frequência Cardíaca

**CIF** – Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde

**MABC-2** – Movement Assessment Battery for Children – Second Edition

**NAG** - No active games (video-games não ativos)

**NTT** – Neuromotor Task Training (Treinamento de Tarefa Neuromotora)

**PAQ-C** - Physical Activity Questionnaire for Children

**p-TDC** – Provável transtorno do desenvolvimento da coordenação

**RCTs** – Ensaio clínico randomizado

**r-TDC** – Em risco para transtorno do desenvolvimento da coordenação

**RRi** – Intervalos R-R

**TD** – Tipicamente desenvolvido;

**TST** – Treinamento de tarefa específica

**RV** – Realidade Virtual



**WBB** – Wii Balance Board (Plataforma de Equilíbrio do Wii)

**CC** – Circunferência de cintura

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
REFERÊNCIAS .....	28
<b>3. ESTUDO I</b> .....	<b>31</b>
REFERÊNCIAS .....	54
<b>4. ESTUDO II</b> .....	<b>59</b>
REFERÊNCIAS .....	82
<b>5. ESTUDO III</b> .....	<b>88</b>
REFERÊNCIAS .....	113
<b>6. ESTUDO IV</b> .....	<b>119</b>
REFERÊNCIAS .....	144
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>150</b>
<b>8. IMPLICAÇÕES FUTURAS</b> .....	<b>152</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>154</b>
APÊNDICE 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	155
APÊNDICE 2 – Termo de Assentimento .....	157
<b>ANEXOS</b> .....	<b>159</b>
ANEXO 1 – Aprovação do Comitê de Ética.....	160

## **1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

---

## 1. Contextualização

De acordo com o Manual Diagnóstico e Estatístico dos Transtornos Mentais, quinta edição (DSM-5), o processo de identificação do TDC inclui quatro critérios relacionados: A) o desempenho motor é considerado inferior em relação a faixa-etária e oportunidades de prática; B) o desempenho motor inferior dessas crianças interfere de forma significativa nas atividades diárias, acadêmicas e de lazer; C) o surgimento dos sintomas acontece durante os períodos iniciais de desenvolvimento; e D) os problemas de coordenação motora não apresentam relação com outras condições médicas ou neurológicas, como por exemplo, paralisia cerebral, distrofia muscular, autismo ou deficiência intelectual (“American Psychiatric Association”, 2013).

Apesar da ausência de estudos longitudinais sobre fatores causais que poderiam explicar o TDC, uma recente revisão sistemática (WILSON *et al.*, 2017) abordando resultados de neuroimagem concluiu que crianças com TDC apresentam alterações na estrutura e função de seus cérebros. Os autores encontraram evidência de um desbaste no cérebro e uma subativação do córtex cerebelar, parietal e pré-frontal. Como consequência, essas alterações podem explicar a reduzida automatização durante a execução de tarefas motoras e podem ser responsáveis pelo baixo planejamento motor. Além disso, evidências oriundas do estudo de Wilson *et al.* (2017) também apoiam achados prévios de que disfunções neurológicas menores são observadas em crianças com TDC e indicam que lesões cerebrais durante os estágios iniciais de desenvolvimento são fatores causais para TDC em crianças (HADDERS-ALGRA, 2003).

Afetando cerca de 5–6% de crianças em idade escolar, TDC é uma desordem motora comum (BLANK *et al.*, 2012; ZWICKER, JILL G. *et al.*, 2012). Entretanto, não há informação precisa sobre a prevalência de TDC no Brasil. Ademais, alguns estudos

conduzidos no Brasil tem encontrado uma elevada prevalência de TDC, sendo superior a 10% em crianças em idade escolar (CARDOSO; MAGALHÃES; REZENDE, 2014; CAVALCANTE NETO; SATO; TUDELLA, 2018; VALENTINI; CLARK; WHITALL, 2015). Nesses estudos brasileiros as principais razões indicativas para as diferenças entre as prevalências são devido às diferenças culturais e os pontos de corte dos instrumentos de avaliação usados nos contextos brasileiros e internacionais. Considerando o impacto que o TDC apresenta na vida de muitas crianças, incluindo as brasileiras, faz-se necessário conduzir adequadas avaliações e oferecer intervenções específicas com o objetivo de melhorar o desempenho motor e aumentar a funcionalidade nessas crianças.

Considerando a concepção geral de saúde descrita na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) pela Organização Mundial de Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 2001), três componentes devem ser levados em consideração: 1) estrutura e função do corpo, 2) atividade e 3) participação. Combinando as características das crianças com TDC e os componentes da CIF, mais estratégias específicas de intervenção devem ser consideradas para melhoria do desempenho motor e funcionalidade nessas crianças. Por exemplo, crianças com TDC apresentam respostas motoras atrasadas, pobre execução de atividades funcionais em comparação a seus pares (o que interfere em diversas atividades de lazer ou esportivas) e reduzido nível de participação acadêmica e social (MANDICH; POLATAJKO; RODGER, 2003).

Conseqüentemente, efeitos negativos podem ser esperados na saúde de crianças com TDC durante a infância e ao longo da vida adulta (COUSINS; SMYTH, 2003). Entre essas conseqüências estão a baixa qualidade de vida (WUANG; WANG; HUANG, 2012), elevado estresse psicossocial (MISSIUNA *et al.*, 2014), baixos níveis

de atividade física (KWAN *et al.*, 2013; RIVILIS *et al.*, 2011), elevado risco para sobrepeso e obesidade (HENDRIX; PRINS; DEKKERS, 2014) e consequentemente maior risco para doenças cardiovasculares (FAUGHT *et al.*, 2005).

Com relação a doenças cardiovasculares, alguns estudos encontraram anormalidades no controle autonômico cardíaco em crianças (CHEN *et al.*, 2015) e adolescentes (COVERDALE *et al.*, 2012) com TDC quando comparados com seus pares tipicamente desenvolvidos. Considerando que a integração entre os elementos simpático e parassimpático permitem a modulação da frequência cardíaca (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996), o entendimento de como esses mecanismos funcionam é um passo preliminar e importante na criação de estratégias de intervenção para promover melhor saúde cardiovascular, especialmente para sujeitos suscetíveis ao risco de disfunção autonômica, como aqueles com deficiências motoras (HAMAMOTO; OGAWA; MITSUDOME, 2003; ZAMUNÉR *et al.*, 2011).

Apesar de prévios achados sobre anormalidades no controle autonômico cardíaco em crianças com TDC (CHEN *et al.*, 2015), até o momento não há considerações claras sobre os ajustes na modulação autonômica cardíaca durante um estímulo ortostático em crianças com TDC. Uma vez que mudanças gravitacionais são requeridas em diversas atividades motoras, este entendimento é também essencial para esclarecer mecanismos subjacentes às respostas fisiológicas em crianças com TDC durante tarefas e atividades, levando em consideração os elementos da CIF.

Devido a essas questões e considerando o TDC como uma condição significativa e complexa, apropriadas e específicas intervenções devem ser propostas no sentido de melhorar a funcionalidade (assumindo a concepção de integração dinâmica da CIF) em

crianças com TDC com base nos elementos da CIF. Ao se propor intervenção para este grupo, é necessário levar em consideração que crianças com TDC apresentam diminuída motivação para prática (KWAN *et al.*, 2013) porque eles frequentemente se sentem envergonhados por não serem capazes de realizar atividades motoras com a mesma precisão ou no mesmo ritmo que seus pares sem TDC (ZWICKER, J. G.; HARRIS; KLASSEN, 2013). Diversos estudos têm proposto intervenções baseadas em vídeo games ativos (VGAs) para crianças com TDC com o intuito de melhorar não apenas o desempenho motor, mas também aumentar a motivação para prática (BONNEY *et al.*, 2017; GONSALVES *et al.*, 2015; JELSMA, D. *et al.*, 2014; JELSMA, L. D. *et al.*, 2016; MOMBARG; JELSMA; HARTMAN, 2013; SALEM *et al.*, 2012; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015).

VGAs, ou jogos de realidade virtual (RV), são equipamentos eletrônicos com diversos jogos ou tarefas, que requerem movimentos corporais com a finalidade de controlar o avatar dentro da tela. Existem muitas marcas de VGAs de uso comercial disponíveis no mercado, tais como Nintendo Wii, *PlayStation Move* and Microsoft Xbox Kinect (HOWIE *et al.*, 2017). Recentemente, abordagens terapêuticas baseadas nos VGAs ou jogos de RV tem crescido e recebido atenção em muitos planos terapêuticos devido ao baixo custo, segurança e rápido e efetivo *feedback*, especialmente para pessoas com problemas motores, como crianças com TDC (HICKMAN *et al.*, 2017).

Apesar dos benefícios observados em intervenções baseadas nos VGAs, escassos estudos compararam este tipo de intervenção com outra intervenção não baseada nos VGAs ou jogos de RV (ASHKENAZI *et al.*, 2013; FERGUSON *et al.*, 2013; STRAKER *et al.*, 2015), e até o presente, os achados não tem sido conclusivos

em relação a qual tipo de intervenção promoveria benefícios superiores no desempenho motor de crianças com TDC.

Em uma revisão sistemática, Hickman et al. (2017) observaram melhorias no desempenho motor após crianças com TDC realizarem intervenções com VGAs, mas os efeitos não foram superiores quando comparados aos resultados provenientes da terapia convencional, como uma fisioterapia convencional (por exemplo, atividades realizadas em uma clínica fisioterapêutica com bancos, bolas e escadas). Smits-Engelsman et al. (2018) realizaram uma revisão sistemática comparando os efeitos de intervenções de base motora para crianças com TDC. Entre outras intervenções, aquelas baseadas nos VGAs não apresentaram os efeitos mais fortes. O tamanho do efeito para a maioria dos estudos variou de leve a moderado (Média = 0.68), enquanto as melhores evidências foram encontradas em estudos que seguiram abordagens orientadas a tarefa.

Abordagens orientadas a tarefa são tipos de intervenções cujo foco está na funcionalidade de tarefas ou ações específicas. Dentre outras especificações, o treino de tarefa específica (TST) é uma modalidade de treinamento orientado a tarefa, requerendo a execução de tarefas motoras, com o objetivo de melhorar habilidades específicas por meio de prática dirigida a metas e repetição (REVIE; LARKIN, 1993). A ideia geral desta modalidade de treinamento em reabilitação é promover uma boa transferência da prática para o contexto funcional, envolvendo a melhor forma de *feedback* para os melhores resultados frente às limitações (HUBBARD *et al.*, 2009).

Em outra revisão sistemática, Miyahara *et al.* (2017) encontraram forte evidência a favor das abordagens orientadas a tarefas como intervenção adequada para crianças com TDC para a melhoria do desempenho motor. Entretanto, todas as revisões sistemáticas apresentadas (HICKMAN *et al.*, 2017; MIYAHARA *et al.*, 2017; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2018) foram unânimes em não assumir as abordagens orientadas



à tarefa como sendo a melhor escolha em detrimento a outra modalidade de intervenção devido a lacuna de pesquisas de alta qualidade publicadas sobre esta temática.

Dada a contextualização prévia, este trabalho envolveu quatro estudos. No **Estudo I**, intitulado “Análise linear e não linear do controle autonômico cardíaco em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação: um estudo caso-controle”, nós objetivamos avaliar o controle autonômico cardíaco através de análise linear e não-linear na postura supina e durante estímulo ortostático em crianças com TDC, em risco para TDC (r-TDC) e com desenvolvimento típico. Por meio deste estudo foi possível entender como os ajustes cardíacos ocorreram durante o estado de repouso e estímulo ortostático nesses sujeitos. Considerando as mudanças gravitacionais comumente requeridas em muitas tarefas motoras realizadas por crianças, os resultados do Estudo I foram cruciais para suportar nossa proposta de intervenção motora.

No **Estudo II**, intitulado “A realidade virtual é efetiva na melhoria do desempenho motor de crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação? Uma revisão sistemática”, nós objetivamos sintetizar evidência sobre a efetividade de intervenções com realidade virtual para melhorar o desempenho motor em crianças com TDC. A partir dos resultados do Estudo II, nós identificamos a necessidade de desenvolver um novo e padronizado protocolo de intervenção para crianças com TDC, considerando atividades com RV versus atividades sem RV.

Para tanto, o **Estudo III**, intitulado “Intervenção motora com e sem Nintendo Wii® para crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação: protocolo de um ensaio clínico randomizado”, foi desenvolvido. O objetivo deste estudo foi apresentar um protocolo para sistematicamente comparar os efeitos de duas intervenções motoras (uma baseada em atividades motoras do Nintendo Wii® e outra não baseada no Nintendo Wii®) no desempenho motor em crianças com TDC.

Considerando o desenvolvimento deste protocolo comparativo, o **Estudo IV**, intitulado “A intervenção motora baseada no Wii é melhor que uma pareada intervenção de tarefa específica para crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação? Um ensaio controlado-randomizado”, foi proposto. Neste estudo, nós objetivamos comparar a eficácia relativa da intervenção com Wii versus intervenção de tarefa específica (TST) sem Wii nas habilidades de movimento por meio de atividades motoras pareadas selecionadas para intervenção.

## **2. METODOLOGIA**

---

## **2. Metodologia**

O projeto original desta tese foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), com processo nº 2015/24291-0. O projeto original foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de São Carlos, sob o número CAEE 47091115.0.0000.5504. Todos os pais/responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e as crianças assinaram o Termo de Assentimento após terem recebido todas as informações do projeto e a descrição de riscos e benefícios envolvidos no estudo.

A metodologia será apresentada em detalhes em cada manuscrito, que descrevem as especificidades de cada estudo.

## REFERÊNCIAS

- American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-5*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <[dsm.psychiatryonline.org](http://dsm.psychiatryonline.org)>. , 2013
- ASHKENAZI, T. *et al.* Effect of training children with Developmental Coordination Disorders in a virtual environment compared with a conventional environment. p. 46–50, 2013.
- BLANK, R. *et al.* European Academy for Childhood Disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Developmental medicine and child neurology*, v. 54, n. 1, p. 54–93, jan. 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x>>. Acesso em: 3 dez. 2017.
- BONNEY, E. *et al.* Learning better by repetition or variation? Is transfer at odds with task specific training? *PLOS ONE*, v. 12, n. 3, p. e0174214, 23 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28333997>>.
- CARDOSO, A. A.; MAGALHÃES, L. C.; REZENDE, M. B. Motor Skills in Brazilian Children with Developmental Coordination Disorder versus Children with Motor Typical Development. *Occupational therapy international*, v. 21, n. 4, p. 176–85, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25327354>>.
- CAVALCANTE NETO, J. L.; SATO, T. DE O.; TUDELLA, E. Socio-demographic factors influences on guardians' perception of Developmental Coordination Disorder among Brazilian schoolchildren. *Motriz: Revista de Educação Física*, v. 24, n. 2, p. e101810, 2018.
- CHEN, F. C. *et al.* Variations in cognitive demand affect heart rate in typically developing children and children at risk for developmental coordination disorder. *Research in developmental disabilities*, v. 38, p. 362–71, mar. 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891422214005071>>. Acesso em: 11 set. 2018.
- COUSINS, M.; SMYTH, M. M. Developmental coordination impairments in adulthood. *Human Movement Science*, v. 22, p. 433–459, 2003.
- COVERDALE, N. S. *et al.* Baroreflex sensitivity is reduced in adolescents with probable developmental coordination disorder. *Research in developmental disabilities*, v. 33, n. 1, p. 251–7, jan. 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891422211003490>>. Acesso em: 11 set. 2018.
- FAUGHT, B. E. *et al.* Increased risk for coronary vascular disease in children with developmental coordination disorder. *Journal of Adolescent Health*, v. 37, n. 5, p. 376–380, 2005.
- FERGUSON, G. D. *et al.* The efficacy of two task-orientated interventions for children with Developmental Coordination Disorder: Neuromotor Task Training and Nintendo Wii Fit training. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 9, p. 2449–2461, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.007>>.
- GONSALVES, L. *et al.* Children with developmental coordination disorder play active virtual reality games differently than children with typical development. *Physical therapy*, v. 95, n. 3, p. 360–368, 2015.
- HADDERS-ALGRA, M. *Developmental Coordination Disorder: Is Clumsy Motor Behavior Caused By a Lesion of the Brain At Early Age?* *NEURAL PLASTICITY*. [S.l.: s.n.], 2003. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2565415/pdf/NP-10-039.pdf>>.

Acesso em: 3 nov. 2018.

HAMAMOTO, K.; OGAWA, A.; MITSUDOME, A. Effect of aging on autonomic function in individuals with severe motor and intellectual disabilities. *Brain & development*, v. 25, n. 5, p. 326–9, 2003.

HENDRIX, C. G.; PRINS, M. R.; DEKKERS, H. Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: a systematic review. *Obesity Reviews*, v. 15, n. 5, p. 408–423, 2014.

HICKMAN, R. *et al.* Use of active video gaming in children with neuromotor dysfunction: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 59, n. 9, p. 903–911, 2017. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28542867>>.

HOWIE, E. K. *et al.* Understanding why an active video game intervention did not improve motor skill and physical activity in children with developmental coordination disorder: A quantity or quality issue? *Research in Developmental Disabilities*, v. 60, p. 1–12, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27863326>>.

Acesso em: 3 dez. 2017.

HUBBARD, I. J. *et al.* Task-specific training: evidence for and translation to clinical practice. *Occupational Therapy International*, v. 16, n. 3–4, p. 175–189, 2009.

JELSMA, D. *et al.* The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. *Human Movement Science*, v. 33, n. 1, p. 404–418, 2014. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2013.12.007>>.

JELSMA, L. D. *et al.* Changes in dynamic balance control over time in children with and without Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, v. 49, p. 148–159, out. 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27404396>>.

Acesso em: 17 nov. 2017.

KWAN, M. Y. W. *et al.* Understanding physical activity and motivations for children with Developmental Coordination Disorder: An investigation using the Theory of Planned Behavior. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 11, p. 3691–3698, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.08.020>>.

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. 583–95, nov. 2003. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14624835>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

MISSIUNA, C. *et al.* Psychological distress in children with developmental coordination disorder and attention-deficit hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, v. 35, n. 5, p. 1198–1207, 2014.

MIYAHARA, M. *et al.* Task-oriented interventions for children with developmental coordination disorder. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, v. 7, p. CD010914, 2017.

MOMBARG, R.; JELSMA, D.; HARTMAN, E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 9, p. 2996–3003, 2013. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23827983>>.

REVIE, G.; LARKIN, D. Task-Specific Intervention with Children Reduces Movement Problems. *Adapted Physical Activity Quarterly*, v. 10, n. 1, p. 29–41, 1993.

RIVILIS, I. *et al.* Physical activity and fitness in children with developmental coordination disorder: A systematic review. *Research in Developmental Disabilities*, v. 32, n. 3, p. 894–910, 2011.

SALEM, Y. *et al.* Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with

- developmental delay: A preliminary randomised single-blind controlled trial. *Physiotherapy (United Kingdom)*, v. 98, n. 3, p. 189–195, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2012.06.003>>.
- SMITS-ENGELSMAN, B. *et al.* Evaluating the evidence for motor-based interventions in developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities*, v. 74, p. 72–102, mar. 2018.
- SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. *et al.* Motor Learning : An Analysis of 100 Trials of a Ski Slalom Game in Children with and without Developmental Coordination Disorder. *Plos One*, v. 10, n. 10, p. 1–19, 2015.
- STRAKER, L. *et al.* A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, v. 42, p. 146–160, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2015.04.011>>.
- TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*, v. 93, n. 5, p. 1043–65, mar. 1996.
- VALENTINI, N. C.; CLARK, J. E.; WHITALL, J. Developmental co-ordination disorder in socially disadvantaged Brazilian children. *Child: Care, Health and Development*, v. 41, n. 6, p. 970–979, 2015.
- WILSON, P. H. *et al.* Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder: new insights from a systematic review of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 59, n. 11, p. 1117–1129, nov. 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28872667>>. Acesso em: 3 dez. 2017.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. *The International Classification of Functioning, Disability and Health - ICF*. . Geneva: [s.n.], 2001.
- WUANG, Y.-P.; WANG, C.-C.; HUANG, M.-H. Health-Related Quality of Life in Children with Developmental Coordination Disorder and Their Parents. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, v. 32, n. 4, p. 142–150, 2012.
- ZAMUNÉR, A. R. *et al.* The influence of motor impairment on autonomic heart rate modulation among children with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*, v. 32, n. 1, p. 217–21, jan. 2011. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891422210002313>>. Acesso em: 11 set. 2018.
- ZWICKER, J. G. *et al.* Developmental coordination disorder: A review and update. *European Journal of Paediatric Neurology*, v. 16, n. 6, p. 573–581, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22705270>>. Acesso em: 3 dez. 2017.
- ZWICKER, J. G.; HARRIS, S. R.; KLASSEN, A. F. Quality of life domains affected in children with developmental coordination disorder: A systematic review. *Child: Care, Health and Development*, v. 39, n. 4, p. 562–580, 2013.

**3. ESTUDO I**

*(versão em português apresentada nas normas da revista submetida)*

Análise linear e não linear do controle autonômico cardíaco em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação: um estudo caso-controle

Autores: Jorge L. Cavalcante Neto, Antonio R. Zamunér, Bianca C. Moreno, Ester Silva e Eloisa Tudella

Periódico: Manuscrito publicado na *Frontiers in Physiology* (JCR: 3.394)

---



## Resumo

Crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) e crianças em risco para TDC (r-TDC) apresentam comprometimentos motores, interferindo em suas atividades escolares, de vida diária e de lazer. Ademais, essas crianças podem apresentar alterações em seu controle autonômico cardíaco, que juntamente com seus comprometimentos motores, restringem a saúde e funcionalidade dessas crianças. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o controle autonômico cardíaco através de análise linear e não-linear na postura supina e durante estímulo ortostático em crianças com TDC, em risco para TDC (r-TDC) e com desenvolvimento típico. Treze crianças com TDC (11 meninos e 2 meninas, com idade média de  $8,08 \pm 0,79$  anos), 19 crianças em risco para TDC (13 meninos e 6 meninas, com idade média de  $8,10 \pm 0,96$  anos) e 18 crianças com desenvolvimento típico, que compuseram o grupo controle (GC) (10 meninos e 8 meninas, com idade média de  $8,50 \pm 0,96$  anos) foram submetidas ao exame da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Intervalos R-R foram registrados com a finalidade de avaliar o controle autonômico cardíaco usando um monitor de frequência cardíaca validado. A VFC foi analisada por meio de métodos de análise linear e não linear e comparada entre r-TDC, TDC e GC. O grupo TDC apresentou ajuste autonômico cardíaco limitado durante o estímulo ortostático, que não foi observado no r-TDC e GC. Em relação à análise não linear da VFC, o grupo TDC apresentou mais baixa modulação parassimpática na postura supina, quando comparado aos grupos r-TDC e GC. Na análise intragrupo, apenas o grupo TDC não aumentou a FC na mudança de postura supina para ortostática. Análise simbólica revelou diminuição significativa nos índices 2LV ( $p < 0.0001$ ) e 2UV ( $p < 0.0001$ ) da postura supina para ortostática, apenas no GC. Como conclusão, as crianças r-TDC e TDC apresentam disfunção autonômica cardíaca caracterizada pela atividade simpática mais elevada, mais baixa atividade parassimpática e mais baixa complexidade do controle autonômico cardíaco na posição supina, bem como limitado ajuste autonômico durante o estímulo ortostático. Dessa forma, melhorias na saúde cardiovascular devem fazer parte do manejo de crianças com TDC, mesmo em casos menos graves de comprometimento motor.

Palavras-chave: variabilidade da frequência cardíaca, sistema nervoso autônomo, transtorno do desenvolvimento da coordenação, disfunção autonômica, estímulo ortostático, comprometimento motor.

## INTRODUÇÃO

O Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) é uma alteração da coordenação motora que interfere significativamente nas ações motoras em crianças de diversas faixas etárias (Harris et al., 2015). Diretrizes diagnósticas atuais envolvem um contínuo de fatores que abordam os comprometimentos motores em diferentes contextos de vida das crianças (Blank et al., 2012; American Psychiatric Association, 2013). Devido a complexidade e dificuldade no diagnóstico, a prevalência de TDC ao redor do mundo tem variado de 1,7% (Lingam et al., 2009) a 24% (Valentini et al., 2017) entre crianças de idade escolar. Ademais, complementando a terminologia “crianças com TDC, o termo “crianças em risco para TDC” é também usado na literatura, correspondendo ao perfil de crianças que apresentam a condição de comprometimento motor, mas ocupam uma classificação intermediária nos testes motores padronizados (Smits-Engelsman et al., 2015; Wilson et al., 2017).

Os comprometimentos motores relativos ao TDC contribuem para restringir o engajamento das crianças com tarefas que envolvem precisão e velocidade de movimento (Licari et al., 2015; Wilson et al., 2017), o que pode causar medo da frustração e/ou constrangimento (Cummins et al., 2005). Portanto, essas crianças são mais propensas a escolherem tarefas solitárias e características mais sedentárias (Sylvestre et al., 2013). Como consequência, crianças com TDC apresentam níveis mais baixos de atividade física habitual (Hendrix et al., 2014) tendendo a desenvolver sobrepeso e obesidade (Cermak et al., 2015), aumentando assim o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Rivilis et al., 2011).

Em relação à avaliação de risco cardiovascular, o uso da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido extensivamente aplicado para estudar o controle

autonômico cardíaco em diferentes populações e condições, uma vez que é uma ferramenta não invasiva de baixo custo e importante parâmetro prognóstico para mortalidade cardiovascular, mesmo em indivíduos sem patologias cardiovasculares prévias (Hillebrand et al., 2013; Wulsin et al., 2015).

Curiosamente, alguns estudos relataram disfunção autonômica em indivíduos com deficiência motora (Hamamoto et al., 2003; Zamunér et al., 2011). Entretanto, estudos avaliando o controle autonômico cardíaco em TDC são incipientes. Coverdale et al. (2012) estudaram o controle autonômico cardíaco e a sensibilidade barreflexa na postura supina em adolescentes com TDC. Os autores não relataram diferenças entre os adolescentes com provável TDC e os controles saudáveis em relação aos índices lineares da VFC, mas relataram redução da sensibilidade barreflexa, que foi atribuída principalmente ao aumento da porcentagem de gordura corporal. Chen et al. (2015) estudaram a VFC em crianças em risco para TDC durante a realização de tarefas cognitivas e concluíram que elas podem apresentar diminuição da VFC como um marcador para respostas alteradas do SNA e déficits potenciais na ligação entre suas percepções e ações.

Entretanto, alguns pontos ainda precisam ser elucidados, como o ajuste do controle autonômico cardíaco à ação de levantar-se, manobra simples realizada várias vezes ao dia pelas crianças e que requer ajustes autonômicos compensatórios para manter a homeostase durante as mudanças gravitacionais no sistema cardiovascular humano (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Além disso, é interessante esclarecer se o nível de comprometimento motor (isto é, crianças com TDC versus crianças em risco para TDC) está relacionado à gravidade da disfunção autonômica. Ademais, a modulação da frequência cardíaca (FC) apresenta uma dinâmica não-linear, que é difícil

descrever completamente por métodos lineares (Signorini et al., 2001). Portanto, as análises não-lineares da VFC foram aplicadas e mostraram fornecer informações complementares sobre os mecanismos subjacentes de regulação da FC e prever uma situação patológica e/ou uma depressão global do organismo (Goldberger, 1996; Guzzetti et al., 2005; Porta et al., 2009; Zamunér et al., 2015).

Elucidar se as crianças com TDC e em risco para TDC apresentam anormalidades no controle autonômico cardíaco, pode destacar a importância de uma abordagem terapêutica que visa melhorar a saúde cardiovascular nessa população. Portanto, este estudo buscou avaliar o controle autonômico por meio de análise linear e não linear, em supino e durante um estímulo ortostático em crianças com TDC, r-TDC e crianças com desenvolvimento típico. Nossa hipótese é que crianças com TDC apresentem maior atividade simpática, menor atividade parassimpática e mais baixa complexidade no controle autonômico cardíaco na postura supina, bem como limitada resposta autonômica cardíaca ao estímulo ortostático quando comparadas às crianças com desenvolvimento típico. Além disso, a análise não linear fornecerá informações complementares para a análise linear do controle autonômico cardíaco.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Desenho e População

Trata-se de um estudo transversal, caso-controle. Todas as crianças foram recrutadas em escolas do ensino fundamental em São Carlos, São Paulo, Brasil. Noventa e sete crianças foram rastreadas para elegibilidade de acordo com as recomendações para o diagnóstico de TDC com base no Manual Diagnóstico e

Estatístico de transtornos mentais, quinta edição (DSM-V) (American Psychiatric Association, 2013). De acordo com o DSM-V, 25 crianças foram classificadas como TDC, 32 crianças foram classificadas em risco para TDC (r-TDC) e 40 foram classificadas com desenvolvimento típico, que foram convidadas a fazerem parte do estudo como controles. Deste total, os pais de 47 crianças desistiram de participar do estudo devido incompatibilidade de horários. Por fim, a amostra final consistiu de 13 crianças com TDC (11 meninos e 2 meninas, com idade média de  $8.08 \pm 0.79$  anos), 19 crianças r-TDC (13 meninos e 6 meninas, com idade média de  $8.10 \pm 0.96$  anos) e 18 crianças com desenvolvimento típico que compuseram o grupo controle (GC, 10 meninos, e 8 meninas, com idade média de  $8.50 \pm 0.96$  anos).

As crianças foram incluídas no estudo se fossem satisfeitos os critérios diagnósticos para TDC ou r-TDC, com base no DSM-V (American Psychiatric Association, 2013) e aqueles com desenvolvimento típico foram incluídos no GC. Os critérios de exclusão foram históricos de problemas cardiovasculares, respiratórios, musculoesqueléticos, metabólicos ou neurológicos, e o uso contínuo de qualquer medicação.

Todos os participantes e seus pais ou responsáveis foram informados sobre as finalidades do estudo e sobre os procedimentos experimentais. Este estudo foi desenvolvido em concordância com as diretrizes preconizadas pela Declaração de Helsinque. O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (com número CAEE 47091115.0.0000.5504). Todos os pais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e as crianças o termo de assentimento.

## Instrumentos e Procedimentos

O perfil antropométrico das crianças incluiu avaliações de peso corporal (kg), estatura (cm) e circunferência da cintura (cm). O peso corporal foi medido com uma balança digital (Tipo Welmy W110H; intervalo 0.01–200 kg; precisão 0.01 kg) conjugada a um estadiômetro (Tipo Welmy W110H; intervalo 60–200 cm; precisão 1 mm), que foi usado para medir a estatura. A circunferência da cintura (CC) foi determinada usando uma fita métrica (Wiso; intervalo 0–200 cm; precisão 1 mm). Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado pela fórmula peso corporal/estatura<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>).

O desempenho motor das crianças relativo à identificação do TDC foi avaliado pela Movement Assessment Battery for Children – Segunda edição (MABC-2). A MABC-2 é um instrumento padronizado consistindo de um conjunto de oito tarefas motoras baseadas em três domínios motores: Destreza Manual, Alvo & Precisão e Equilíbrio para identificar o déficit motor nas crianças. De acordo com a pontuação total da MABC-2, as crianças foram classificadas como: ≤56 pontos: crianças com déficit motor significativo (crianças com TDC); de 57 a 67 pontos: crianças em risco para déficits motores (em risco para TDC); e pontuação acima de 67 pontos: crianças sem déficits de movimento (crianças com desenvolvimento típico) (Henderson et al., 2007).

Os níveis gerais de atividade física foram avaliados com a versão brasileira do Questionário de atividade física para crianças (PAQ-C) (Guedes and Guedes, 2015), que é um instrumento recordatório dos últimos sete dias. As respostas foram dadas em uma escala Likert de cinco pontos. Cada item do questionário é pontuado entre 1 (baixo) e 5 (elevado nível de atividade física), e a pontuação média de todos os itens constitui a pontuação geral do PAQ-C. Valores elevados indicam melhor comportamento de

atividade física (Kowalski et al., 1997). O PAQ-C foi auto-administrado pelos pais das crianças, que responderam os itens como informantes secundários em uma sala silenciosa, uma vez que crianças menores de 10 anos de idade frequentemente apresentam dificuldades para lembrar suas atividades prévias (Silva and Malina, 2000). PAQ-C mostrou valores de consistência interna entre 0.79 e 0.89 e confiabilidade teste-reteste entre 0.75 e 0.82. O PAQ-C foi previamente validado usando análise de correlação com o questionário de atividade física de Godin e Shephard ( $r = 0.41$ ) e o acelerômetro Caltrac ( $r = 0.39$ ; Crocker et al., 1997).

### Procedimentos Experimentais

Todos os experimentos foram conduzidos no período da tarde (entre 13hs e 18hs) com o objetivo de minimizar mudanças circadianas. A temperatura da sala foi mantida em 22°C e a umidade relativa do ar entre 40 a 60%.

Uma semana antes e no dia que antecedeu a avaliação do controle autonômico cardíaco, as crianças e seus pais ou responsáveis receberam instruções relevantes para garantir um desempenho satisfatório e seguro. Foram dadas instruções para evitar o consumo de bebidas ou alimentos estimulantes (por exemplo, café, soda, bebidas energéticas, chocolate, chá preto ou verde, etc.) e suspender qualquer atividade física intensa dentro das últimas 24 horas que antecedem o teste, realizar refeições leves antes do teste e ter uma boa noite de sono. Todas as crianças foram familiarizadas com o protocolo experimental durante o teste piloto uma semana antes dos procedimentos do estudo.

## Registro dos intervalos R-R (RRi)

As crianças foram submetidas ao registro dos intervalos RR com a finalidade de avaliar o controle autonômico cardíaco.

Na chegada ao laboratório, os participantes deitaram por 20 minutos na postura supina para a FC e a pressão sanguínea se estabilizarem e retornarem às condições de linha de base. Então, RRi foram registrados por 15 minutos na posição supina e 10 minutos na posição ortostática (posição ativa) com respiração espontânea. As respirações por minuto foram registradas durante todo o período de coleta pelo avaliador, por meio de inspeção visual dos movimentos toracoabdominais. Participantes que tiveram taxa de respiração abaixo de 9 respirações por minuto (0.15 Hz) deveriam ser excluídos devido ao fato que a respiração influencia as bandas de frequência da análise espectral (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Participantes foram solicitados a não conversarem ou se moverem para evitar alterações e artefatos nos RRi.

Os dados dos RRi foram coletados em uma taxa de amostragem de 1,000 Hz, usando um monitor de FC validado e uma cinta transmissora (Polar V800, Polar Electro Co. Ltda. Kempele, Finland) (Giles et al., 2016) posicionada na região toracolombar no quinto espaço intercostal.

## Análises de VFC

VFC foi analisada por métodos lineares e não lineares usando um software desenvolvido pelo Dr. Alberto Porta da Universidade de Milão (Montano et al., 1994; Porta et al., 2007). Uma região de 256 batimentos consecutivos com a maior



estabilidade na série de tempo RR foi encontrada para todas as crianças e em todas as condições (por exemplo, posturas supina e ortostática), e foi selecionada para análise da VFC.

#### Análise Linear

Análise Espectral foi realizada pela aplicação de um modelo autoregressivo na seção RR previamente selecionada. Os componentes espectrais foram obtidos em bandas de baixa frequência (LF, 0.04–0.15 Hz) e alta frequência (HF, 0.15–0.4 Hz) em unidades absolutas ( $\text{ms}^2$ ). Unidades normalizadas foram computadas pela divisão da potência absoluta dos componentes LF ou HF pela variância total dos  $\text{RR}_i$  ( $\sigma^2 \text{RR}$ ) menos o componente de frequência muito baixo (0.003–0.04 Hz) e multiplica-se esta taxa por 100.

#### Análise não-linear

Os métodos não lineares usados no presente estudo foram constituídos pela análise simbólica e a entropia de Shannon, ambos descritos em detalhes em outro estudo (Porta et al., 2001).

De forma breve, a análise simbólica compreende a quantificação das séries de tempo RR selecionadas para análise em seis níveis uniformemente distribuídos, no qual cada batimento recebe um símbolo (de 0 a 5). Após isso, quatro padrões são identificados, considerando a sequência de três símbolos consecutivos: padrões sem variação (0V), padrões com uma variação (1V), padrões com duas variações semelhantes (2LV), e padrões com duas variações diferentes (2UV). A porcentagem da

aparência de cada família é quantificada. Estudos prévios (Guzzetti et al., 2001, 2005; Porta et al., 2001) tem reportado que o índice 0V% representa a modulação autonômica cardíaca simpática, o 1V% representa ambas modulações autonômicas cardíacas simpática e parassimpática, e os índices 2LV% e 2UV% representam a modulação cardíaca parasimpática.

A entropia de Shannon reflete a complexidade da série de tempo RR pela medição da complexidade de distribuição dos padrões (sequências de três símbolos). A presença de picos (por exemplo, padrões relevantes mais frequentemente detectáveis) ou vales (por exemplo, perdas relevantes ou padrões de baixa frequência) na distribuição dos padrões determina a redução da entropia de Shannon. De modo inverso, a máxima entropia de Shannon é obtida quando os padrões são distribuídos identicamente (Porta et al., 2001; Zamunér et al., 2015).

### Análise Estatística

Normalidade e homogeneidade das variâncias assumidas foram verificadas usando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Considerando que muitos estudos sobre TDC tendem a agrupar crianças com TDC e r-TDC, nós utilizamos a análise de variância (ANOVA) mista com dois fatores  $2 \times 2$ , com um fator entre (GC vs. TDC e r-TDC grupados em conjunto) e um fator intra (postura; supino vs. em pé) para comparar as diferenças entre as crianças GC e TDC/r-TDC nas condições supino e ortostático. Seguindo esta lógica, ANOVA mista de dois fatores  $3 \times 2$  com um fator entre (GC vs. TDC vs. r-TDC) e um fator intra (postura; supino vs. em pé) foi aplicada para contabilizar a severidade do comprometimento motor. Onde houve interação significativa, análises de efeitos principais foram descartadas e o teste de comparações

múltiplas com ajuste de Bonferroni foi realizado. Suposições para ANOVA foram violadas para os índices  $\sigma^2$  RR, LF e HF da VFC. Portanto, para esses índices, comparações entre e intra grupos foram realizadas com a utilização dos testes de Mann-Whitney e Wilcoxon, respectivamente, com ajuste de Bonferroni a priori.

Para controlar um possível efeito das variáveis de confundimento nos desfechos, uma série de análise de covariância (ANCOVA) mista de dois fatores foi computada considerando gênero, IMC, pontuações do PAQ-C e CC como co-variáveis. O nível de significância adotado foi de 5%. Análises foram realizadas por meio do software SPSS (SPSS 22.0 version, Chicago, Illinois, USA).

## RESULTADOS

### Características Demográficas

A tabela 1 sumariza a caracterização das crianças pelo perfil antropométrico, desempenho motor avaliado pelas pontuações totais da MABC-2 e níveis de atividade física avaliados pelas pontuações do PAQ-C em TDC, r-TDC, e GC. Diferença significativa entre os grupos foi somente observada nas pontuações totais da MABC-2. Como esperado, GC apresentou pontuação total da MABC-2 superior quando comparado ao TDC ( $p < 0.01$ ) e r-TDC ( $p < 0.01$ ). Ademais, r-TDC apresentou superior pontuação total na MABC-2 quando comparado ao TDC ( $p < 0.01$ ).

## Análise da VFC

Resultados relacionados a interação, efeitos principais e comparações pareadas múltiplas da ANOVA  $2 \times 2$  (por exemplo, considerando TDC e r-TDC agrupados) são apresentados abaixo e sumarizados na Tabela 2. A Tabela 3 sumariza apenas comparações pareadas múltiplas oriundas do modelo misto da ANOVA  $3 \times 2$ , enquanto interações e resultados de efeitos principais são discutidos abaixo.

### Interação entre grupo (GC e TDC/r-TDC) e postura

Uma interação significativa grupo  $\times$  postura foi observada para FC [F(1, 48) = 6.23; p = 0.02],  $\mu$ RR [F(1, 48) = 8.03; p = 0.01], LFnu [F(1, 48) = 7.05; p = 0.01], HFnu [F(1, 48) = 7.05; p = 0.01], entropia de Shannon [F(1, 50) = 4.03; p = 0.049], 0V [F(1, 50) = 5.17; p = 0.03], 2LV [F(1, 50) = 5.26; p = 0.03], e 2UV [F(1, 50) = 6.69; p = 0.01].

### Comparações pareadas múltiplas entre grupos (GC vs. TDC/r-TDC)

Comparações pareadas múltiplas revelaram que deitado na postura supina, TDC/r-TDC apresentaram entropia de Shannon mais baixa (p = 0.01), mais baixo 2LV (p = 0.004), e mais alto 0V (p = 0.01) comparado ao GC. Não foram encontradas diferenças significativas entre o GC e TDC/r-TDC na postura supina para FC (p = 0.11),  $\mu$ RR (p = 0.09), e índices lineares de VFC (LFnu, p = 0.18 e HFnu, p = 0.18).

TABELA 1 | Características demográficas de crianças com desenvolvimento típico (CG), crianças em risco para transtorno do desenvolvimento da coordenação (r-TDC) e crianças com TDC.

Variáveis	GC (n=18)	r-TDC (n=19)	TDC (n=13)	F valor	p-valor
Gênero (M/F)	10/8	13/6	11/2	-	0.23*
MABC-2 TSS	75.61 (6.63) <sup>#†</sup>	62.70 (3.22) <sup>†</sup>	46.91 (9.82)	69.62	<0.001
Peso (kg)	33.58 (9.08)	33.30 (10.38)	38.81 (14.62)	1.05	0.35
Estatuta (cm)	136.97 (7.75)	133.97 (9.60)	134.41 (7.85)	0.61	0.54
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	17.74 (3.61)	18.22 (4.11)	21.01 (5.37)	2.27	0.11
CC (cm)	60.11 (10.17)	64.81 (11.73)	70.20 (12.10)	2.81	0.07
PAQ-C	2.91 (0.60)	2.46 (0.50)	2.46 (0.67)	2.69	0.07

Comparações entre grupos foram realizadas pela ANOVA one-way e pós hoc de Tukey; \*teste do qui-quadrado. MABC-2 – Movement Assessment Battery for Children – Segunda Edição; IMC – Índice de Massa Corporal; CC – Circunferência da cintura; PAQ-C - Physical Activity Questionnaire for Children. <sup>#</sup>p<0.05 vs r-TDC; <sup>†</sup> p<0.05 vs TDC.

TABELA 2 | Índices lineares e não lineares da variabilidade da frequência cardíaca de crianças com desenvolvimento típico (GC), e crianças em risco para transtorno do desenvolvimento da coordenação (r-TDC) e aquelas com TDC agrupadas.

	GC (n=18)		TDC (n=32)		p-valor		
	SUPINO	EM PÉ	SUPINO	EM PÉ	G	P	I
<b>FC (bpm)</b>	82 (11.35)	101 (13.53)*	89 (15.86)	99 (11.7) <sup>†</sup>	0.47	0.000	0.02
<b>μRR (ms)</b>	750.1 (102.75)	601.3 (88.05)*	694.3 (107.13)	613.5 (73.4) <sup>†</sup>	0.38	0.000	0.01
<b>σ<sup>2</sup>RR (ms<sup>2</sup>)</b>	3123.3 (2761)	1423.4 (886.2)	5122.7 (5031.7)	2177.7 (1709.2)	0.49	0.000	0.83
<b>Análise spectral</b>							
<b>LF (ms<sup>2</sup>)</b>	1371.4 (1588)	710.5 (602.3)	1595 (1531.6)	846.1 (622.6)	0.54	0.01	0.82
<b>HF (ms<sup>2</sup>)</b>	2811.4 (2727.8)	363.1 (234.7)	2632.8 (3312.4)	755 (885.4)	0.84	0.000	0.48
<b>LF (nu)</b>	35.7 (15.62)	63.3 (15.71)*	42.7 (18.14)	58.3 (16.38) <sup>†</sup>	0.82	0.000	0.01
<b>HF (nu)</b>	64.31 (15.62)	36.68 (15.71)	57.28 (18.14)	41.74 (16.38)			
<b>LF/HF</b>	0.68 (0.6)	2.55 (2.7)*	1.08 (1.24)	1.77 (1.01) <sup>†</sup>	0.58	0.000	0.03
<b>Análise não linear</b>							
<b>SE</b>	3.92 (0.36) <sup>#</sup>	3.46 (0.3)*	3.34 (0.8)	3.31 (0.62)	0.02	0.03	0.048
<b>Análise simbólica</b>							
<b>0V (%)</b>	11.5 (8.4) <sup>#</sup>	29.6 (11.17)*	25.5 (20.81)	31.1 (15.45)	0.04	0.000	0.02
<b>1V (%)</b>	44.6 (7.65)	47.1 (4.04)	43.2 (10.76)	45.2 (7.22)	0.36	0.18	0.87
<b>2LV (%)</b>	19.3 (6.71) <sup>#</sup>	12.0 (5.14)*	12.5 (7.88)	10.2 (6.53)	0.01	0.000	0.01
<b>2UV (%)</b>	24.6 (13)	11.2 (5.94)*	18.7 (10.42)	13.5 (7.66) <sup>†</sup>	0.44	0.000	0.01

Valores expressos em médias ± DP; P: efeito principal da postura; G: efeito principal do grupo; I: interação; FC: frequência cardíaca; μRR: média dos intervalos RR; σ<sup>2</sup>RR: variância dos intervalos RR; LF: component de baixa frequência da variabilidade RR expressa em unidades absolutas; HF: component de alta frequência da variabilidade RR expressa em unidades absolutas; LFnu:

component de baixa frequência da variabilidade RR expressas em unidades normalizadas; SE: Entropia de Shannon; 0V: padrões sem variação; 1V: padrões com uma variação; 2LV: padrões com duas variações relacionadas; 2UV: padrões com duas variações não relacionadas. \* $p < 0.05$  GC supino vs GC em pé; † $p < 0.05$  TDC supino vs TDC em pé; # $p < 0.05$  GC supino vs TDC supino.

TABELA 3 | Índices lineares e não lineares da variabilidade da frequência cardíaca de crianças com desenvolvimento típico (GC), crianças em risco para transtorno do desenvolvimento da coordenação (r-TDC) e àquelas com TDC.

	GC (n=18)		r-TDC (n=13)		TDC (n=19)	
	SUPINO	EM PÉ	SUPINO	EM PÉ	SUPINO	EM PÉ
<b>FC (bpm)</b>	82 (11.35) <sup>†</sup>	101 (13.53)	86 (10.14) <sup>‡</sup>	100 (11.40)	93 (21.65)	98 (12.46)
<b>μRR (ms)</b>	750.1 (102.75)	601.3 (88.05)	706.73 (87)	607.65 (70)	676.15 (133.06)	622.05 (80.62)
<b>σ<sup>2</sup>RR (ms<sup>2</sup>)</b>	3123.3 (2761)	1423.4 (886.2)	5529.7 (5840.7)	2125 (1804)	4528 (3686.4)	2255 (1629.3)
<b>Análise Linear</b>						
<b>LF (ms<sup>2</sup>)</b>	1371.4 (1588)	710.5 (602.3)	1778.8 (1737.6)	792.7 (599)	1326.4 (1183.1)	924.2 (672.3)
<b>HF (ms<sup>2</sup>)</b>	2811.4 (2727.8)	363.1 (234.7)	2871.7 (3836.7)	745.4 (969.2)	2283.6 (2458.1)	769 (784.7)
<b>LF (nu)</b>	35.7 (15.62)	63.3 (15.71)	42.07 (16.54)	57.87 (18.09)	43.65 (21)	58.83 (14.22)
<b>HF (nu)</b>	64.31 (15.62)	36.68 (15.71)	57.92 (16.54)	42.13 (18.09)	56.35 (21)	41.16 (14.22)
<b>LF/HF</b>	0.68 (0.6) <sup>†</sup>	2.55 (2.7)	0.93 (0.75) <sup>‡</sup>	1.8 (1.06)	1.29 (1.74)	1.72 (0.96)
<b>Análise não linear</b>						
<b>SE</b>	3.92 (0.36)	3.46 (0.3)	3.34 (0.83)	3.35 (0.55)	3.34 (0.8)	3.25 (0.73)
<b>0V (%)</b>	11.5 (8.4)	29.64 (11.17)	24.55 (19.54)	31.04 (14.5)	26.87 (23.3)	31.21 (17.35)
<b>1V (%)</b>	44.6 (7.65)	47.1 (4.04)	44.94 (10.37)	46.14 (6.52)	40.76 (11.25)	43.87 (8.22)
<b>2LV (%)</b>	19.3 (6.71) <sup>*#†</sup>	12.0 (5.14)	12.67 (6.97)	9.83 (6.28)	12.35 (9.36)	10.72 (7.1)
<b>2UV (%)</b>	24.6 (13) <sup>†</sup>	11.2 (5.94)	17.82 (8)	12.97 (5.44)	20.03 (13.5)	14.23 (10.3)

Valores expressos em médias ± DP; P: efeito principal da postura; G: efeito principal do grupo; I: interação; FC: frequência cardíaca; μRR: média dos intervalos RR; σ<sup>2</sup>RR: variância dos intervalos RR; LF: component de baixa frequência da variabilidade RR expressa em unidades absolutas; HF: component de alta frequência da variabilidade RR expressa em unidades absolutas; LFnu: component de baixa frequência da variabilidade RR expressas em unidades normalizadas; SE: Entropia de Shannon; 0V: padrões sem variação; 1V: padrões com uma variação; 2LV: padrões com duas variações relacionadas; 2UV: padrões com duas variações não relacionadas.\*p<0.05 GC supino vs r-TDC supino; #p<0.05 GC supino vs TDC supino; †p<0.05 GC supino vs GC em pé; ‡p<0.05 r-TDC supino vs r-TDC em pé.

Teste de Mann-Whitney com ajuste de Bonferroni a priori não mostrou diferença significativa entre os grupos para  $\sigma$  2RR ( $p = 0.53$ ), LF ( $p = 0.44$ ), e HF ( $p = 0.76$ ).

Comparações pareadas múltiplas intragrupo (Supino vs. em pé)

Com relação às comparações entre posturas, ambos os grupos (GC e TDC/r-TDC) diminuiram significativamente ( $p < 0.05$ ) o  $\mu$ RR e HFnu, e aumentaram o LFnu quando moveram de supino para em pé. Entretanto, o GC também diminuiu a entropia de Shannon ( $p = 0.02$ ) e o 2LV ( $p < 0.0001$ ) e aumentaram o índice 0V ( $p < 0.0001$ ), o que não foi observado no grupo TDC/r-TDC (entropia de Shannon,  $p = 0.75$ ; 2LV,  $p = 0.10$ , e 0V,  $p = 0.10$ ). O teste de Wilcoxon com ajuste de Bonferroni a priori mostrou que ambos os grupos diminuíram  $\sigma$  2RR, LF e HF na postura em pé comparados a postura supino ( $p < 0.01$ ).

Interação entre grupo (GC, r-TDC, e TDC) e postura

A tabela 3 sumariza os resultados contabilizando a severidade do comprometimento motor (por exemplo, TDC e r-TDC estratificados em grupo). Houve interação significativa entre grupo  $\times$  postura para FC [ $F(1, 47) = 4.30$ ;  $p = 0.02$ ],  $\mu$ RR [ $F(1, 47) = 4.73$ ;  $p = 0.01$ ], LFnu [ $F(1, 47) = 3.46$ ;  $p = 0.04$ ], HFnu [ $F(1, 47) = 3.46$ ;  $p = 0.04$ ], 2LV [ $F(1, 47) = 3.23$ ;  $p = 0.048$ ], e 2UV [ $F(1, 47) = 3.23$ ;  $p = 0.048$ ].

Com relação à entropia de Shannon e 0V, não foi encontrada interação significativa entre grupo  $\times$  postura [ $F(1, 47) = 1.68$ ;  $p = 0.20$ ;  $F(1, 47) = 2.42$ ;  $p = 0.10$ ; respectivamente] ou efeito principal de grupo [ $F(2, 47) = 3.07$ ;  $p = 0.06$ ;  $F(2, 47) = 2.16$ ;  $p = 0.13$ ; respectivamente]. Um significativo efeito principal da postura foi observado para o índice 0V [ $F(1, 47) = 11.91$ ;  $p = 0.001$ ]. Portanto, com relação ao grupo, um aumento significativo no



padrão 0V, refletindo a modulação simpática, foi observado quando as crianças moveram-se de supino para de pé.

#### Comparações pareadas múltiplas entre grupos (GC vs. r-TDC vs. TDC)

Comparações pareadas não revelaram diferenças significativas ( $p > 0.05$ ) entre grupos em supino ou na postura de pé para FC,  $\mu$ RR e índices lineares da VFC (LFnu, HFnu). Com relação às análises não lineares, o GC apresentou mais alto 2LV comparado aos grupos r-TDC ( $p = 0.03$ ) e TDC ( $p = 0.046$ ) na posição supina, refletindo modulação parassimpática mais alta no GC.

Teste de Mann-Whitney com correção de Bonferroni a priori não revelou diferença significativa entre os grupos para  $\sigma$  2RR, LF, e HF ( $p > 0.05$ ).

#### Comparações múltiplas pareadas intra grupo (Supino vs. Em pé)

Comparações intra grupo revelaram aumento significativo na FC de supino para a postura de pé no GC ( $p < 0.001$ ) e no grupo r-TDC ( $p < 0.001$ ) mas não no grupo TDC ( $p = 0.17$ ). Análise simbólica revelou diminuição significativa em 2LV ( $p < 0.0001$ ) e 2UV ( $p < 0.0001$ ) de supino para de pé no GC, mas não para os grupos r-TDC (2LV,  $p = 0.11$  e 2UV,  $p = 0.06$ ) e TDC (2LV,  $p = 0.44$  e 2UV,  $p = 0.06$ ).

Todos os grupos diminuíram  $\sigma$  2RR, LF, HF, HFnu, e aumentaram LFnu durante a postura em pé comparada à postura supino ( $p < 0.01$ ).

## Fatores de confundimento

Todos os resultados permaneceram inalterados após a realização da ANCOVA controlando por gênero, pontuações do PAQ-C e CC. Portanto, esses resultados não foram apresentados.

## **DISCUSSÃO**

Os principais achados do presente estudo foram que: as crianças com (1) TDC e r-TDC agrupadas apresentaram mais alta atividade simpática, mais baixa parasimpática do controle autonômico cardíaco na posição supina e limitado ajuste autonômico para o estímulo ortostático quando comparados às crianças com desenvolvimento típico; (2) quando estratificados, r-TDC e especificamente o grupo TDC, apresentaram um limitado ajuste autonômico cardíaco para o estímulo ortostático, que não foi observado no GC, refletindo que a severidade do comprometimento motor pode estar relacionada à severidade da disfunção autonômica; (3) foram observadas significativas relações entre as pontuações totais da MABC-2 e os índices não lineares da VFC, sugerindo que o mais baixo desempenho motor reflete mais baixa complexidade do controle autonômico cardíaco (Entropia de Shannon) e a modulação cardíaca parassimpática (2LV) e a mais alta modulação cardíaca simpática (0V); e (4) análises não lineares da VFC forneceram informações não redundantes e complementares sobre o controle autonômico cardíaco, retratando anormalidades autonômicas cardíacas não identificadas por métodos lineares tradicionais, mesmo em crianças com comprometimento motor menos severo (por exemplo, r-TDC).

Com base em nosso melhor conhecimento, este é o primeiro estudo abordando controle autonômico cardíaco por análises linear e não linear da VFC em crianças com TDC e

r-TDC. Entretanto, estudos prévios têm abordado variáveis cardiovasculares nesta população (Chirico et al., 2012; Coverdale et al., 2012; Chen et al., 2015). Coverdale et al. (2012) estudaram o controle autonômico cardíaco e a sensibilidade barreflexa na condição deitado supino em adolescentes com suspeita e provável TDC. Apesar de ser uma população diferente, nossos resultados corroboram em parte com esses achados. Os autores (Coverdale et al., 2012) não reportaram diferenças significativas no controle autonômico cardíaco, quantificado por índices lineares, entre controles e grupos de suspeita e/ou provável TDC na posição supino. Por outro lado, a sensibilidade barreflexa foi mais baixa no grupo de prováveis TDC comparados ao GC e suspeita para TDC, que foi principalmente atribuída a porcentagem superior de gordura corporal neste grupo. Chirico et al. (2011) objetivaram comparar a estrutura e função ventricular esquerda do coração entre crianças com TDC e controles saudáveis. Os autores reportaram volume diastólico final elevado, tamanho diastólico de câmara, volume sistólico, e débito cardíaco em crianças com provável TDC, sugerindo obesidade relacionada a mudanças no ventrículo esquerdo. Além disso, Chirico et al. (2012) encontraram que elevada massa de gordura em adolescentes com provável TDC contribui para o maior débito cardíaco e maior massa ventricular esquerda ao longo do tempo comparado com os controles tipicamente desenvolvidos. Entretanto, no presente estudo o GC foi pareado ao grupo TDC no IMC. Portanto, características antropométricas, como IMC, peso e CC não diferiram entre os grupos. Assim, obesidade pode não ser o único fator explicativo desses resultados.

Outro estudo interessante neste campo foi desenvolvido por Chen et al. (2015). Os autores objetivaram estudar o controle autonômico cardíaco em crianças com e em risco para TDC durante a realização de tarefas cognitivas com diferentes níveis de dificuldade. Os autores encontraram mais alta modulação simpática em crianças com TDC em comparação às crianças tipicamente desenvolvidas. Além disso, os autores reportaram um limitado ajuste

autônomo para algumas tarefas cognitivas no grupo TDC comparado aos controles. Esses resultados estão em concordância com nossos achados, uma vez que a limitada resposta autonômica cardíaca, caracterizada pela limitada diminuição parassimpática, como observado pelos índices 2LV e 2UV, e aumento limitado na modulação cardíaca simpática, como observado pelo índice 0V, foram também observados nos grupos TDC e r-TDC durante estímulo gravitacional. Os autores sugeriram que a mais alta modulação cardíaca simpática em crianças com TDC pode ser devido aos níveis mais baixos de aptidão aeróbica. No presente estudo, entretanto, não foram encontradas diferenças significativas, os grupos r-TDC e TDC apresentaram níveis mais baixos de atividade física, avaliados pelo PAQ-C. Entretanto, os resultados permaneceram inalterados após considerarmos o nível de atividade física como covariável. Portanto, algumas hipóteses, outras além da obesidade e aptidão aeróbica, subjacentes ao presente resultado devem também ser consideradas.

Uma possível explicação pode estar relacionada aos padrões de conectividade e recrutamento neural observado em crianças com TDC. Wilson et al. (2017) revisaram dados sistemáticos de neuroimagem a partir de estudos realizados com TDC e concluíram que a atividade neural dessas crianças é similar aquela observada em crianças com paralisia cerebral leve e nascidos pré-termo. De fato, diversos estudos tem reportado anormalidades no controle autonômico cardíaco naqueles nascidos pré-termo (Clairambault et al., 1992; van Ravenswaaij-Arts et al., 1995) e em crianças com paralisia cerebral (Park et al., 2002; Zamunér et al., 2011; Amichai and Katz-Leurer, 2014), caracterizados pela mais alta atividade simpática, mais baixa atividade parassimpática e mais baixa complexidade na modulação autonômica cardíaca, comparados às crianças tipicamente desenvolvidas. Além disso, ajuste autonômico comprometido nas mudanças posturais foi também observado em crianças com paralisia cerebral (Park et al., 2002; Zamunér et al., 2011), sugerindo que

ativação simpática não foi suficiente para superar o estresse ortostático imposto nessas crianças. Esses achados corroboram com nossos resultados.

À respeito da paralisia cerebral, os autores justificam seus resultados sugerindo um possível efeito de perda hemisférica e influência no controle autonômico cardíaco, resultante de lesões cerebrais existentes. De fato, alguns autores sugerem que em crianças com TDC o substrato neural imita o da paralisia cerebral (Peters et al., 2013) com mais baixa atividade em algumas áreas corticais (Querne et al., 2008; Kashiwagi et al., 2009) responsáveis pelas funções de ajustes corporais, que também poderiam contabilizar as anormalidades no controle autonômico cardíaco e isto estaria relacionado com a severidade do comprometimento motor nessas crianças. Portanto, estudos futuros devem abordar se existe uma relação entre dados de neuroimagem, atividade neural e disfunção autonômica em crianças com TDC.

Outro resultado interessante foi que a análise não linear da VFC possibilitou relevantes informações complementares sobre regulação autonômica cardíaca, identificando anormalidades autonômicas cardíacas não detectadas por métodos lineares tradicionais, mesmo em crianças com comprometimento motor menos severo (por exemplo, r-TDC). Métodos não lineares tem mostrado descrever melhores dinâmicas não lineares em séries de tempo RRI do que métodos lineares (Voss et al., 1996; Zamunér et al., 2013, 2015), assim providenciando informações adicionais em relação à regulação autonômica cardíaca. Análise de entropia de Shannon revelou que as crianças r-TDC/TDC apresentaram reduzida complexidade na regulação autonômica cardíaca. Diversos estudos têm reportado que a diminuição nos índices de complexidade podem representar a função de órgão deprimido, a perda da interação entre subsistemas, uma ação esmagadora de um subsistema sobre outro e um comprometimento de mecanismos regulatórios, portanto constituindo uma marca clara de uma condição patológica (Porta et al., 2009; Zamunér et al., 2013, 2015). Ademais, análise simbólica ativou a quantificação de mudanças não recíprocas no controle autonômico

cardíaco simpático (padrão 0V) e parassimpático (padrões 2LV e 2UV), diferentemente da análise espectral, que possibilita mais informação à respeito do ramo parassimpático (Porta et al., 2009).

Apesar desses resultados interessantes, algumas limitações no estudo necessitam ser conhecidas. Cabe mencionar que nós observamos interação significativa grupo  $\times$  postura para FC, revelando um aumento limitado da FC para o estímulo ortostático no grupo TDC. É bem conhecido que alguns índices lineares e não lineares da VFC são significativamente correlacionados com a FC média (Sacha and Pluta, 2008; Sacha et al., 2013; Bolea et al., 2016), incluindo a população pediátrica (Gasior et al., 2015). Portanto, diversos procedimentos matemáticos têm sido propostos no sentido de atenuar a dependência da VFC na FC (Sacha et al., 2013; Monfredi et al., 2014; Bolea et al., 2016). Entretanto, para o melhor do nosso conhecimento, procedimentos não têm sido propostos para normalizar os índices não lineares usados no presente estudo (por exemplo, entropia de Shannon e índices de análise simbólica). Assim, a normalização da VFC não foi realizada. Entretanto, uma possível influência da FC deve ser um viés no presente estudo devido as diferenças não significativas em relação à FC. Ademais, índices de VFC, especialmente àqueles não lineares, possibilitaram informação adicional à própria FC. Mesmo assim, é importante destacar que estudos futuros devem quantificar esses índices não lineares dependentes da FC e propor métodos para resolver esta questão.

Como conclusão, crianças r-TDC e especialmente com TDC apresentaram atividade simpática mais elevada, atividade parassimpática mais baixa, mais baixa complexidade do controle autonômico cardíaco na posição supino e limitado ajuste autonômico para o estímulo ortostático comparado às crianças tipicamente desenvolvidas. Além disso, apresentaram desempenho motor mais baixo, mais baixa complexidade do controle autonômico cardíaco e modulação parassimpática; e maior controle cardíaco simpático. Assim, uma vez que a

avaliação do controle autonômico cardíaco é facilmente realizada por método não invasivo e possibilita um importante parâmetro para prognóstico de risco cardiovascular, ela deve ser parte da avaliação de rotina nesta população.

## **FINANCIAMENTO**

Este estudo contou com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), com processo número 2015/24291-0.

## **REFERÊNCIAS**

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. Arlington, TX: American Psychiatric Publishing

Amichai, T., and Katz-Leurer, M. (2014). Heart rate variability in children with cerebral palsy: review of the literature and meta-analysis. *Neurorehabilitation* 35, 113–122. doi: 10.3233/NRE-141097

Blank, R., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., Wilson, P., and European Academy for Childhood, D. (2012). European Academy for Childhood Disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Dev. Med. Child Neurol.* 54, 54–93. doi: 10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x

Bolea, J., Pueyo, E., Orini, M., and Bailón, R. (2016). Influence of heart rate in nonlinear HRV indices as a sampling rate effect evaluated on supine and standing. *Front. Physiol.* 7:501. doi: 10.3389/fphys.2016.00501

Cermak, S. A., Katz, N., Weintraub, N., Steinhart, S., Raz-Silbiger, S., Munoz, M., et al. (2015). Participation in physical activity, fitness, and risk for obesity in children with developmental coordination disorder: a cross-cultural study. *Occup. Ther. Int.* 22, 163–173. doi: 10.1002/oti.1393

Chen, F. C., Tsai, C. L., Biltz, G. R., Stoffregen, T. A., and Wade, M. G. (2015). Variations in cognitive demand affect heart rate in typically developing children and children at risk for developmental coordination disorder. *Res. Dev. Disabil.* 38, 362–371. doi: 10.1016/j.ridd.2014.12.002

Chirico, D., O’Leary, D., Cairney, J., Haluka, K., Coverdale, N. S., Klentrou, P., et al. (2012). Longitudinal assessment of left ventricular structure and function in adolescents with developmental coordination disorder. *Res. Dev. Disabil.* 33, 717–725. doi: 10.1016/j.ridd.2011.09.021

- Chirico, D., O’Leary, D., Cairney, J., Klentrou, P., Haluka, K., Hay, J., et al. (2011). Left ventricular structure and function in children with and without developmental coordination disorder. *Res. Dev. Disabil.* 32, 115–123. doi: 10.1016/j.ridd.2010.09.013
- Clairambault, J., Curzi-Dascalova, L., Kauffmann, F., Médigue, C., and Leffler, C. (1992). Heart rate variability in normal sleeping full-term and preterm neonates. *Early Hum. Dev.* 28, 169–183. doi: 10.1016/0378-3782(92)90111-S
- Coverdale, N. S., O’Leary, D. D., Faught, B. E., Chirico, D., Hay, J., and Cairney, J. (2012). Baroreflex sensitivity is reduced in adolescents with probable developmental coordination disorder. *Res. Dev. Disabil.* 33, 251–257. doi: 10.1016/j.ridd.2011.09.013
- Crocker, P. R., Bailey, D. A., Faulkner, R. A., Kowalski, K. C., and McGrath, R. (1997). Measuring general levels of physical activity: preliminary evidence for the physical activity questionnaire for older children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29, 1344–1349. doi: 10.1097/00005768-199710000-00011
- Cummins, A., Piek, J. P., and Dyck, M. J. (2005). Motor coordination, empathy, and social behaviour in school-aged children. *Dev. Med. Child Neurol.* 47, 437–442. doi: 10.1017/S001216220500085X
- Gasior, J. S., Sacha, J., Jelen, P. J., Pawłowski, M., Werner, B., and Dabrowski, M. J. (2015). Interaction between heart rate variability and heart rate in pediatric population. *Front. Physiol.* 6:385. doi: 10.3389/fphys.2015.00385
- Giles, D., Draper, N., and Neil, W. (2016). Validity of the polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *Eur. J. Appl. Physiol.* 116, 563–571. doi: 10.1007/s00421-015-3303-9
- Goldberger, A. L. (1996). Non-linear dynamics for clinicians: chaos theory, fractals, and complexity at the bedside. *Lancet* 347, 1312–1314. doi: 10.1016/S0140-6736(96)90948-4
- Guedes, D. P., and Guedes, J. E. R. P. (2015). Medida da atividade física em jovens brasileiros: reprodutibilidade E validade do paq-C e do paq-A. *Rev. Bras. Med. Esporte* 21, 425–432. doi: 10.1590/1517-869220152106147594
- Guzzetti, S., Borroni, E., Garbelli, P. E., Ceriani, E., Della Bella, P., Montano, N., et al. (2005). Symbolic dynamics of heart rate variability: a probe to investigate cardiac autonomic modulation. *Circulation* 112, 465–470. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.518449
- Guzzetti, S., Magatelli, R., Borroni, E., and Mezzetti, S. (2001). Heart rate variability in chronic heart failure. *Auton. Neurosci.* 90, 102–105. doi: 10.1016/S1566-0702(01)00274-0
- Hamamoto, K., Ogawa, A., and Mitsudome, A. (2003). Effect of aging on autonomic function in individuals with severe motor and intellectual disabilities. *Brain Dev.* 25, 326–329. doi: 10.1016/S0387-7604(03)00005-6
- Harris, S. R., Mickelson, E. C., and Zwicker, J. G. (2015). Diagnosis and management of developmental coordination disorder. *CMAJ* 187, 659–665. doi: 10.1503/cmaj.140994



- Henderson, S. E., Sugden, D. A., and Barnett, A. L. (2007). *Movement Assessment Battery for Children (Movement ABC-2)*. Examiner's Manual 2nd Edn. London: Harcourt Assessment.
- Hendrix, C. G., Prins, M. R., and Dekkers, H. (2014). Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: a systematic review. *Obes. Rev.* 15, 408–423. doi: 10.1111/obr.12137
- Hillebrand, S., Gast, K. B., de Mutsert, R., Swenne, C. A., Jukema, J. W., Middeldorp, S., et al. (2013). Heart rate variability and first cardiovascular event in populations without known cardiovascular disease: meta-analysis and doseresponse meta-regression. *Europace* 15, 742–749. doi: 10.1093/europace/eus341
- Kashiwagi, M., Iwaki, S., Narumi, Y., Tamai, H., and Suzuki, S. (2009). Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: a functional MRI study. *Neuroreport* 20, 1319–1324. doi: 10.1097/WNR.0b013e32832f4d87
- Kowalski, K. C., Crocker, P. R. E., and Faulkner, R. A. (1997). Validation of the physical activity questionnaire for older children. *Pediatr. Exerc. Sci.* 9, 174–186. doi: 10.1123/pes.9.2.174
- Licari, M. K., Billington, J., Reid, S. L., Wann, J. P., Elliott, C. M., Winsor, A. M., et al. (2015). Cortical functioning in children with developmental coordination disorder: a motor overflow study. *Exp. Brain Res.* 233, 1703–1710. doi: 10.1007/s00221-015-4243-7
- Lingam, R., Hunt, L., Golding, J., Jongmans, M., and Emond, A. (2009). Prevalence of developmental coordination disorder using the DSM-IV at 7 years of age: a UK population-based study. *Pediatrics* 123, e693–e700. doi: 10.1542/peds.2008-1770
- Monfredi, O., Lyashkov, A. E., Johnsen, A. B., Inada, S., Schneider, H., Wang, R., et al. (2014). Biophysical characterization of the underappreciated and important relationship between heart rate variability and heart rate. *Hypertension* 64, 1334–1343. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03782
- Montano, N., Ruscone, T. G., Porta, A., Lombardi, F., Pagani, M., and Malliani, A. (1994). Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt. *Circulation* 90, 1826–1831. doi: 10.1161/01.CIR.90.4.1826
- Park, E. S., Park, C. I., Cho, S. R., Lee, J. W., and Kim, E. J. (2002). Assessment of autonomic nervous system with analysis of heart rate variability in children with spastic cerebral palsy. *Yonsei Med. J.* 43, 65–72. doi: 10.3349/ymj.2002.43.1.65
- Peters, L. H., Maathuis, C. G., and Hadders-Algra, M. (2013). Neural correlates of developmental coordination disorder. *Dev. Med. Child. Neurol.* 55(Suppl. 4), 59–64. doi: 10.1111/dmcn.12309
- Porta, A., Di Rienzo, M., Wessel, N., and Kurths, J. (2009). Addressing the complexity of cardiovascular regulation. *Philos. Trans. A Math. Phys. Eng. Sci.* 367, 1215–1218. doi: 10.1098/rsta.2008.0292

- Porta, A., Guzzetti, S., Montano, N., Furlan, R., Pagani, M., Malliani, A., et al. (2001). Entropy, entropy rate, and pattern classification as tools to typify complexity in short heart period variability series. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 48, 1282–1291. doi: 10.1109/10.959324
- Porta, A., Tobaldini, E., Guzzetti, S., Furlan, R., Montano, N., and GneccchiRuscone, T. (2007). Assessment of cardiac autonomic modulation during graded head-up tilt by symbolic analysis of heart rate variability. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 293, H702–H708. doi: 10.1152/ajpheart.00006.2007
- Querne, L., Berquin, P., Vernier-Hauvette, M. P., Fall, S., Deltour, L., and Meyer, M. E. (2008). Dysfunction of the attentional brain network in children with developmental coordination disorder: a fMRI study. *Brain Res.* 1244, 89–102. doi: 10.1016/j.brainres.2008.07.066
- Rivilis, I., Hay, J., Cairney, J., Klentrou, P., Liu, J., and Faught, B. E. (2011). Physical activity and fitness in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Res. Dev. Disabil.* 32, 894–910. doi: 10.1016/j.ridd.2011.01.017
- Sacha, J., Barabach, S., Statkiewicz-Barabach, G., Sacha, K., Muller, A., Piskorski, J., et al. (2013). How to strengthen or weaken the HRV dependence on heart rate– description of the method and its perspectives. *Int. J. Cardiol.* 168, 1660–1663. doi: 10.1016/j.ijcard.2013.03.038
- Sacha, J., and Pluta, W. (2008). Alterations of an average heart rate change heart rate variability due to mathematical reasons. *Int. J. Cardiol.* 128, 444–447. doi: 10.1016/j.ijcard.2007.06.047
- Signorini, M. G., Marchetti, F., and Cerutti, S. (2001). Applying nonlinear noise reduction in the analysis of heart rate variability. *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.* 20, 59–68. doi: 10.1109/51.917725
- Silva, R. C. R., and Malina, R. M. (2000). Nível de atividade física em adolescentes do Município de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* 16, 1091–1097. doi: 10.1590/S0102-311X2000000400027
- Smits-Engelsman, B. C., Jelsma, L. D., Ferguson, G. D., and Geuze, R. H. (2015). Motor Learning: an analysis of 100 trials of a Ski Slalom game in children with and without developmental coordination disorder. *PLoS ONE* 10:e0140470. doi: 10.1371/journal.pone.0140470
- Sylvestre, A., Nadeau, L., Charron, L., Larose, N., and Lepage, C. (2013). Social participation by children with developmental coordination disorder compared to their peers. *Disabil. Rehabil.* 35, 1814–1820. doi: 10.3109/09638288.2012.756943
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 93, 1043–1065. doi: 10.1161/01.CIR.93.5.1043

Valentini, N. C., Oliveira, M. A., Pangelinan, M. M., Whitall, J., and Clark, J. E. (2017). Can the MABC discriminate and predict motor impairment? A comparison of Brazilian and American children. *Int. J. Ther. Rehab.* 24, 105–113. doi: 10.12968/ijtr.2017.24.3.105

van Ravenswaaij-Arts, C. M., Hopman, J. C., Kollée, L. A., Stoelinga, G. B., and van Geijn, H. P. (1995). The influence of artificial ventilation on heart rate variability in very preterm infants. *Pediatr. Res.* 37, 124–130. doi: 10.1203/00006450-199501000-00023

Voss, A., Kurths, J., Kleiner, H. J., Witt, A., Wessel, N., Sapanin, P., et al. (1996). The application of methods of non-linear dynamics for the improved and predictive recognition of patients threatened by sudden cardiac death. *Cardiovasc. Res.* 31, 419–433. doi: 10.1016/S0008-6363(96) 00008-9

Wilson, P. H., Smits-Engelsman, B., Caeyenberghs, K., Steenbergen, B., Sugden, D., Clark, J., et al. (2017). Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder: new insights from a systematic review of recent research. *Dev. Med. Child Neurol.* 59, 1117–1129. doi: 10.1111/dmcn. 13530

Wulsin, L. R., Horn, P. S., Perry, J. L., Massaro, J. M., and D'Agostino, R. B. (2015). Autonomic imbalance as a predictor of metabolic risks, cardiovascular disease, diabetes, and mortality. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 100, 2443–2448. doi: 10.1210/jc.2015-1748

Zamunér, A. R., Andrade, C. P., Forti, M., Marchi, A., Milan, J., Avila, M. A., et al. (2015). Effects of a hydrotherapy programme on symbolic and complexity dynamics of heart rate variability and aerobic capacity in fibromyalgia patients. *Clin. Exp. Rheumatol.* 33(1 Suppl. 88), S73–S81. Available online at: <http://www.clinexprheumatol.org/abstract.asp?a=9129>

Zamunér, A. R., Cunha, A. B., da Silva, E., Negri, A. P., Tudella, E., and Moreno, M. A. (2011). The influence of motor impairment on autonomic heart rate modulation among children with cerebral palsy. *Res. Dev. Disabil.* 32, 217–221. doi: 10.1016/j.ridd.2010. 09.020

Zamunér, A. R., Silva, E., Teodori, R. M., Catai, A. M., and Moreno, M. A. (2013). Autonomic modulation of heart rate in paraplegic wheelchair basketball players: linear and nonlinear analysis. *J. Sports Sci.* 31, 396–404. doi: 10.1080/02640414.2012.734917

#### **4. ESTUDO II**

*(versão em português do artigo submetido à revista em língua inglesa)*

A realidade virtual é efetiva na melhoria do desempenho motor de crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação? Uma revisão sistemática

Autores: Jorge Lopes Cavalcante Neto, Cristina Camargo de Oliveira, Ana Luiza Righetto Greco, Antonio Roberto Zamunér, Roberta de Fátima Carreira Moreira e Eloisa Tudella

Periódico: Manuscrito aceito na European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine (JCR: 2.208)

---

## Resumo

**Introdução:** Apesar da realidade virtual (RV) ser uma abordagem popular e em ascensão dentre as propostas de intervenção para crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC), evidências da efetividade da RV permanece em debate. O objetivo deste estudo foi sintetizar evidência da efetividade de intervenções com RV para melhorias do desempenho motor em crianças com TDC.

**Aquisição da evidência:** As buscas foram conduzidas nas bases de dados MEDLINE/PubMed, Scopus, Web of Science e ERIC para selecionar os estudos publicados de 01 de Janeiro de 2006 a 30 de Novembro de 2017. Dois revisores independentes realizaram a seleção dos estudos com base na leitura dos títulos, resumos e textos completos; esta seleção incluiu ensaios clínicos randomizados (RCTs) que aplicaram intervenções com RV para crianças com TDC e avaliaram desfechos relacionados ao desempenho motor. A qualidade metodológica dos estudos incluídos nas buscas foi avaliada com a escala PEDro. As diretrizes PRISMA e recomendações Cochrane para revisões sistemáticas foram seguidas. O tamanho do efeito de cada intervenção foi calculado para permitir a interpretação do efeito clínico, e o corpo de evidência foi sintetizado por meio da abordagem GRADE.

**Síntese de evidência:** Um total de 2.160 publicações foram recuperadas; ao processo final de seleção, 12 RCTs. Dentre esses, sete foram classificados como tendo alta qualidade metodológica. Apenas três estudos tiveram as condições de homogeneidade satisfeitas para serem avaliados pelo sistema GRADE, que mostrou um baixo nível de evidência em favor da RV para melhorias do desempenho motor de crianças com TDC.

**Conclusões:** Atualmente não há evidência suficiente para suportar ou refutar o uso da RV em detrimento às intervenções sem RV para melhorias do desempenho motor em crianças com TDC. Apesar do potencial para melhorias do desempenho motor de crianças com TDC, a ausência de protocolos específicos impede recomendações formais da RV para essas crianças. Estudos futuros devem considerar protocolos de realidade virtual mais específicos em relação às tarefas, características e habilidades motoras-alvo a serem desenvolvidas para crianças com TDC. Ademais, comparações de grupos similares na linha de base, ocultação de alocação e o cegamento dos avaliadores são aspectos de validade interna que merecem atenção dos pesquisadores.

**Palavras-chave:** Exergames, terapia inovativa, transtornos das habilidades motoras

## Introdução

Transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC) é um dos mais comuns transtornos do neurodesenvolvimento no mundo, com prevalência estimada de 5-6% em crianças escolares entre cinco a onze anos de idade (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013). Crianças com TDC apresentam dificuldades motoras que limitam a participação delas em diferentes atividades (CERMAK; LARKIN, 2002; DUNFORD *et al.*, 2005; MISSIUNA *et al.*, 2011) e podem contribuir para que essas crianças sejam mais sedentárias (GREEN *et al.*, 2011) e apresentem mais baixa autoestima quando comparadas aos seus pares de mesma faixa-etária (ZWICKER *et al.*, 2013; CONTREIRA *et al.*, 2014). Diversos estudos tem investigado a etiologia do TDC (QUERNE *et al.*, 2008; KASHIWAGI *et al.*, 2009; BIOTTEAU *et al.*, 2017). Embora não haja consenso na literatura, alguns estudos sugerem que a etiologia pode estar relacionada a lesões cerebrais precoces, especialmente em áreas de função executiva, que são responsáveis pelo controle e planejamento de ações motoras. Outras hipóteses incluem redução da velocidade de processamento e pobre integração de modelo cruzado e acoplamento perceptivo-motor (WILSON *et al.*, 2013).

Crianças com TDC apresentam variado e complexo transtorno motor que afeta as habilidades motoras grossas e finas. Pobre coordenação sensório-motora e problemas no controle postural, tais como pobre equilíbrio estático e dinâmico, são também importantes características desta população (GEUZE *et al.*, 2001). TDC compõe então uma classe heterogênea de crianças (VAIVRE-DOURET *et al.*, 2016).

O manual diagnóstico e estatístico dos transtornos mentais, agora em sua quinta edição (DSM-V), descreve quatro critérios diagnósticos para TDC. Critério A (habilidades motoras) são substancialmente abaixo daquelas esperadas, dada a idade da criança e oportunidade para aprender e usar suas habilidades; Critério B (limitadas habilidades motoras) significativamente interferem nas atividades de vida diária, na produtividade escolar e no

tempo de lazer das crianças. Critério C representa o surgimento dos sintomas em estágios precoces do desenvolvimento da criança, enquanto o critério D (deficits nas habilidades motoras) não são explicados pela deficiência intelectual ou visual, nem apresenta qualquer relação com condições neurológicas, tais como paralisia cerebral, distrofia ou doenças degenerativas (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013).

O preenchimento desses critérios, que são complementados pelas recomendações atuais da União Européia para diagnóstico dessas crianças, (BLANK *et al.*, 2012) permite a identificação de problemas de coordenação motora dentro de um contínuo de fatores, uma vez que o uso de uma única avaliação teste não é suficiente para classificar as crianças como tendo TDC. De fato, o diagnóstico apropriado de TDC é complexo devido ao contínuo multifatorial, os diversos instrumentos usados para preencher esses critérios e a preocupação em não rotular crianças com TDC quando de fato elas poderiam ser falsos positivos. Dessa forma, com base na classificação do desempenho motor pela MABC-2, as terminologias TDC moderado e TDC severo foram propostas (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015). O uso dessas terminologias torna viável incluir um maior número de crianças nos estudos e evita atribuir rótulos a essas crianças na ausência de confirmação de TDC com base em todas as recomendações existentes.

A dificuldade no diagnóstico e identificação de crianças com TDC refletem diretamente os programas de intervenção para essas crianças. Assim, quando consideramos o impacto do TDC no desempenho acadêmico e nas atividades de vida diária, intervenções específicas são necessárias para melhorar a condição motora dessas crianças o mais cedo possível (SUGDEN, 2006).

Prévias revisões sistemáticas (HILLIER, 2007; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2013) tem reportado diversas intervenções efetivas para crianças com TDC. Em sua maioria, são intervenções com foco percepto-motor, incluindo fisioterapia e terapia ocupacional

convencional (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2013). Apesar dos benefícios que programas de intervenção convencionais propiciam para crianças com TDC, tais como melhorias nas habilidades motoras (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2013), fatores como a repetição sistemática de movimentos ao longo de várias sessões pode parecer chato, desmotivante e sem significado para essas crianças, visto que a maior parte dos programas propostos não é composto por exercícios funcionais ou componentes lúdicos.

Apesar de alguns estudos terem mostrado que qualquer intervenção para crianças com TDC deva ser melhor que nenhuma intervenção, (HILLIER, 2007) alternativas mais atrativas e motivacionais aos exercícios convencionais devem ser encorajadas, como o uso da realidade virtual (RV). Alguns autores tem proposto que o uso da RV apresenta um forte fator motivacional, por aproximar a criança de uma situação naturalística, e fornecer feedback quase que imediato durante a realização dos jogos (WANG; REID, 2011). Ademais, a grande quantidade de repetições de movimentos presente na prática com RV (HOLDEN, 2005) e a elevada e adequada aderência ao tratamento (GORDON *et al.*, 2012) devem ser consideradas importantes fatores para o sucesso desses protocolos.

Diante deste contexto, o uso da RV tem sido proposto em programas de reabilitação motora para crianças com TDC, (STRAKER *et al.*, 2011; SNAPP-CHILDS *et al.*, 2013). Entretanto, a atual lacuna de protocolos padronizados para o uso da RV torna a comparação de protocolos experimentais desafiadora. Assim, escolher estratégias de intervenção a serem usadas na prática clínica também é uma difícil tarefa a ser realizada.

Apesar de prévias revisões sistemáticas terem acessado os efeitos de diversas abordagens de intervenção – tais como o treinamento de tarefa neuromotora e o treinamento orientado a tarefa motora para crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação (HILLIER, 2007; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2013; MIYAHARA *et al.*, 2017; PRESTON *et al.*, 2017) – essas revisões não conduziram análises para avaliar a efetividade de



intervenções com RV. Assim, considerando o crescente uso da RV em programas de reabilitação e prática clínica, (BIDDISS; IRWIN, 2010) o avanço do conhecimento sobre a efetividade de intervenções que usam este recurso no desempenho motor de crianças com TDC deve ser relevante para orientar terapeutas na tomada de decisão baseada em evidência. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi sistematicamente revisar a evidência atual da efetividade de intervenções com RV na melhoria do desempenho motor de crianças com TDC.

### **Métodos**

A metodologia usada neste estudo foi baseada nas recomendações da Cochrane Handbook (HIGGINS; GREEN, 2011). O protocolo desta revisão sistemática foi previamente publicado na base de dados da PROSPERO, com registro número CRD42016033147.

### **Estratégia de busca**

As buscas foram realizadas nas seguintes bases de dados: MEDLINE/PubMed, Scopus, Web of Science e ERIC. Os seguintes descritores da Medical Subject Headings (MeSH) foram usados: ‘motor skills disorders’, ‘developmental coordination disorder’, ‘virtual reality’, ‘virtual reality therapy’, ‘child’, ‘Nintendo Wii’, ‘Kinect’, ‘active video games’ e ‘exergames’. Combinações desses descritores para as buscas foram feitas com o auxílio dos operadores booleanos ‘and/or’. Dois revisores/autores extraíram os dados de forma independente a partir de todos os estudos incluídos na revisão; quaisquer discrepâncias ou desacordos foram resolvidos por consenso. Quando o consenso não foi possível, um terceiro revisor/autor avaliou o estudo, prevalendo a decisão da maioria dos revisores/autores.

### **Crêterios de elegibilidade**

Os cr terios de elegibilidade foram baseados com foco na ferramenta ‘PICO’ (HIGGINS; GREEN, 2011): o desenho do estudo, perfil dos participantes (*Population*), características da interven o (*Intervention*) e desfechos alvo (*Comparison and Outcomes*).

### **Desenho do estudo**

Apenas ensaios clínicos randomizados (RCTs), ensaios clínicos controlados (CCTs) e estudos com desenho crossover publicados de 1 de Janeiro de 2006 a 30 de Novembro de 2017 que realizaram interven es motoras baseadas na RV foram incluídos nesta revisão sistemática.

### **Perfis dos participantes**

Apenas estudos cujos participantes foram crianças com TDC severo ou moderado, (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015) classificadas de acordo com a classifica o da MABC-2, (HENDERSON *et al.*, 2007) foram incluídas nesta revisão sistemática.

### **Caraterísticas das interven es**

Estudos que propuseram interven es baseadas em jogos de RV disponíveis comercialmente ou não comercialmente foram incluídos nesta revisão sistemática; estudos que compararam interven es com RV com interven es sem RV também foram incluídos.

### **Desfechos alvo**

Estudos que avaliaram o desempenho motor por meio de escalas motoras, baterias motoras ou ferramentas específicas para avalia o da condi o motora das crianças foram incluídos nesta revisão sistemática.

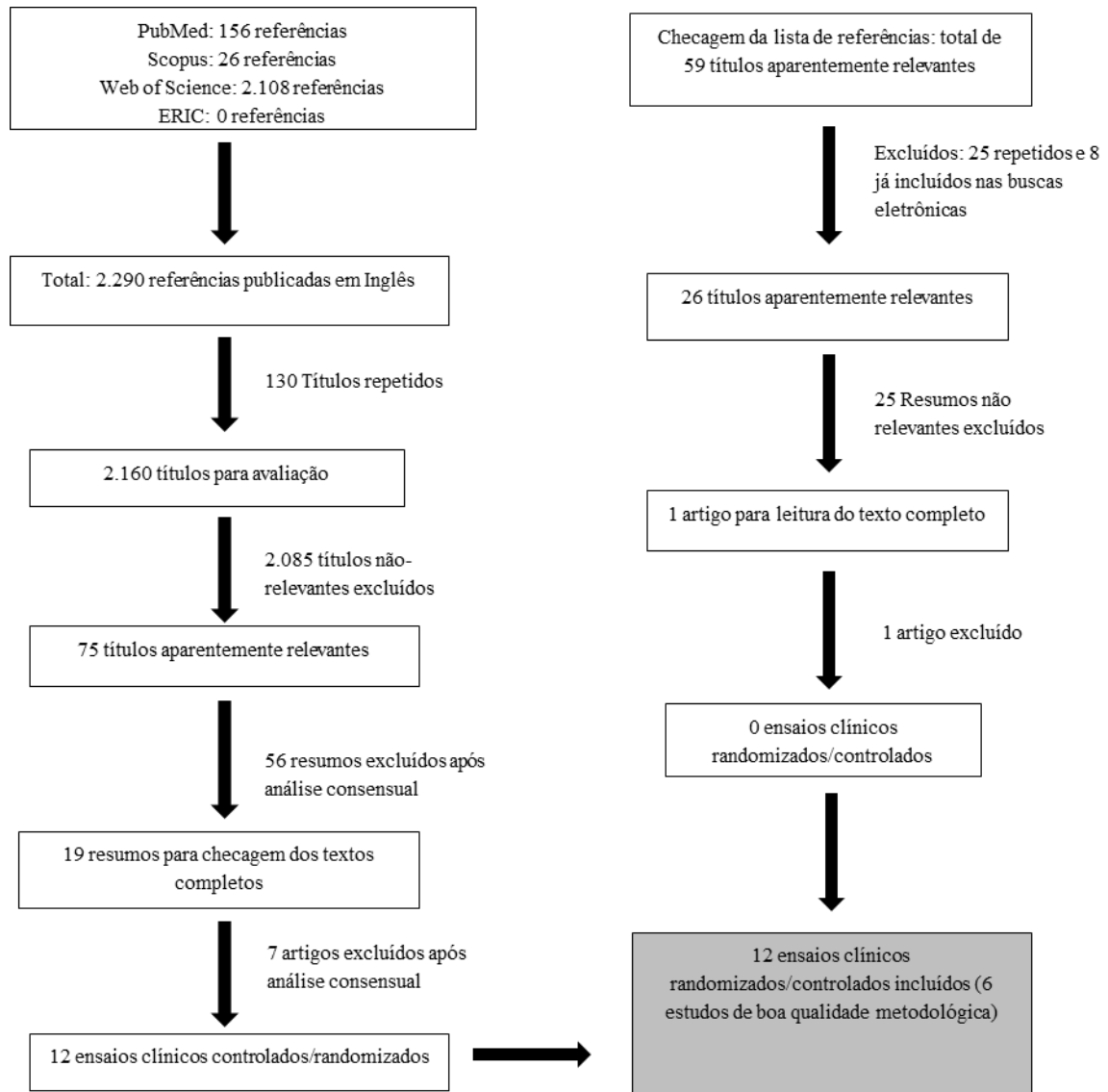
## **Extração dos dados e análise**

Estudos foram selecionados com base na leitura sequencial de títulos, resumos, e textos completos, seguindo os critérios de elegibilidade. A qualidade metodológica dos estudos que foram incluídos foi analisada usando a escala PEDro. Meta-análises foram consideradas inapropriadas devido a heterogeneidade entre os estudos primários com relação ao protocolo de intervenção aplicado. A qualidade da evidência foi avaliada pelos critérios GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) (FURLAN *et al.*, 2009). Apenas três estudos foram incluídos na análise GRADE tendo o desempenho motor e similaridade entre os grupos de comparação como desfecho alvo. Os dados extraídos dos estudos foram sumarizados com base em:

- (1) participantes (idade, tamanho da amostra, grupos de comparação e critérios de inclusão para TDC);
- (2) intervenções (ferramenta de RV, marca dos jogos e protocolos de intervenção);
- (3) desfechos (desfechos motores avaliados e achados-chave);
- (4) qualidade metodológica (pontuações da PEDro); e
- (5) fontes de evidência (análise GRADE).

## **Resultados**

Figura 1 mostra todo o processo de busca e seleção dos estudos para inclusão nesta revisão sistemática. Um total de 2.160 estudos foram encontrados nas bases de dados a partir da busca inicial. Após aplicar os critérios de elegibilidade, doze estudos que preencheram esses critérios foram incluídos.



**Figura 1** – Estágios seguidos ao longo do processo de revisão sistemática

A execução de meta-análise não foi apropriada devido à heterogeneidade em relação à população, estratégias de intervenção e desfechos entre os estudos que foram incluídos. A maioria dos estudos usou a segunda edição da Movement Assessment Battery for Children (MABC-2) para classificar as crianças com TDC com base nos critérios avaliativos do desempenho motor dessas crianças. O *Nintendo Wii*, *Sony PlayStation* e *Microsoft Xbox*

*Kinect* foram as ferramentas de RV mais usadas (respectivamente) entre os estudos selecionados.

A duração de cada sessão variou de 4 a 60 minutos, com média de 22.83 minutos ( $\pm 14.33$ ) por sessão. As sessões foram realizadas de uma a cinco vezes por semana, com uma média de 2.33 sessões semanais ( $\pm 1.15$ ). Três (33.33%) e duas sessões (33.33%) semanais foram as frequências mais comumente usadas pelos pesquisadores.

A duração total dos protocolos de RV dos estudos revisados variou de cinco a dezesseis semanas, com média de 6.8 semanas ( $\pm 4.56$ ), entretanto dois estudos (ENGEL-YEGER *et al.*, 2017; JELSMA *et al.*, 2015) usaram apenas uma única sessão de intervenção com RV. Também vale a pena mencionar que três dos doze estudos usaram uma intervenção sem realidade virtual como uma condição controle (STRAKER *et al.*, 2015; ASHKENAZI, LAUFER, *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014)

Além disso, dois dos doze estudos incluídos nesta revisão aplicaram os protocolos de intervenção nas residências das crianças, (STRAKER *et al.*, 2015; ENGEL-YEGER *et al.*, 2017) e um estudo realizou as intervenções com as crianças e seus pais (ASHKENAZI, LAUFER, *et al.*, 2013) em uma clínica. Nove dos doze estudos (75%) apresentaram intervenções conduzidas nos ambientes escolares (MOMBARG *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014; JELSMA *et al.*, 2014; JELSMA *et al.*, 2015; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015; JELSMA *et al.*, 2016; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2016; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017a; BONNEY, JELSMA, *et al.*, 2017b).

Em termos de análise da qualidade metodológica dos estudos, a tabela 2 apresenta as pontuações da PEDro para cada estudo. Em geral, os estudos foram avaliados como tendo alta qualidade metodológica (pontuação total da PEDro  $\geq 5$ ). Dentre os doze estudos incluídos nesta revisão sistemática, apenas cinco pontuaram abaixo de 5 em sua pontuação total (JELSMA *et al.*, 2015; JELSMA *et al.*, 2016; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015; SMITS-ENGELSMAN *et*

*al.*, 2016; ENGEL-YEGER *et al.*, 2017). Os principais itens não pontuados foram randomização, alocação e processo de cegamento.

Em relação à síntese de evidência baseada nos três estudos incluídos (STRAKER *et al.*, 2015; ASHKENAZI, LAUFER, *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014) na análise GRADE, a tabela 3 apresenta os achados da qualidade da evidência. Apenas 66% dos estudos mostraram efeito positivo de intervenções com RV. A análise GRADE mostrou um baixo nível de evidência em favor da abordagem de RV como uma intervenção para melhorias do desempenho motor em crianças com TDC.

Tabela I. – Síntese das principais características e resultados dos estudos incluídos na revisão

Estudo/desenho	Critérios de inclusão para TDC	Grupos de comparação	Ferramenta de realidade virtual	Duração e frequência do treinamento	Duração do protocolo	Supervisão/local	Associação com outra intervenção?	Avaliação do desempenho motor	Resultados em relação ao desempenho motor	Tamanho do efeito			
										GE1	GE2	GC1	GC2
Straker et al. (Straker <i>et al.</i> , 2015) (2015) / crossover	MABC2 $\leq 16^{\circ} + 15^{\circ}$ percentile no DCDQ	EG1 (TDC/VGA bloco/n=10) x GC1(TDC/NAG bloco/n=11)	Sony PlayStation3	20 min 4-5 x/sem	16 sem	Não/Casa	Sim. A condição NAG foi comparada com a condição VGA no desenho crossover	MABC-2, análise cinemática, DCDQ	Sem efeito entre as duas condições	0.45*	—	0.13*	—
Ashkenazi et al. (Ashkenazi, Laufer, <i>et al.</i> , 2013) (2013) / RCT	MABC2 $< 15^{\circ}$	GE1 (TDC RV/n=15) x GC1 (TDC sem RV/n=15)	Sony PlayStation2	60 min 1 x/sem	12 sem	Sim/Clinica	Sim. Intervenção com RV foi comparada com intervenção convencional	MABC-2, DCDQ	Efeito igualmente positivo entre as intervenções	0.87*	—	1.19*	—
Hammond et al. (Hammond <i>et al.</i> , 2014) (2014) / crossover	Pontuações dentro do quintil inferior do DCDQ e/ou ter diagnóstico de TDC	GE1 (TDC Bloco 1/n=10) x GC1 (TDC Block 2/n=8)	Nintendo Wii	10 min 3 x/sem	8 semanas (4 semanas cada fase)	Sim/Escola	Sim. A condição Wii Fit foi comparada com a condição Jump Ahead em um desenho crossover	BOT-2, CSQ	Efeito igualmente positivo entre as intervenções	1.14**	—	0.16**	—
Mombarg et al. (Mombarg <i>et al.</i> , 2013) (2013) / CCT	MABC2 $\leq 16^{\circ}$	GE1 (TDC/n=15) x GC1 (TDC/n=14)	Nintendo Wii	30 min 3 x/sem	6 sem	Sim/Escola	Não. GC não recebeu intervenção	MABC-2, BOT-2	Efeito positivo para GE	1.42*	—	0.39*	—
Jelsma et al. (2014) / CCT	MABC2 $\leq 16^{\circ}$	GE1 (TDC/n=28) x GC1 (TD/n=20)	Nintendo Wii	30 min 3 x/sem	6 sem + 6 sem (12 sem total)	Sim/Escola	Não. O grupo TD não recebeu intervenção.	MABC-2, BOT-2, Wii Fit ski slalom test	Efeito positivo para GE, mas inferior que o GC	N/A	—	N/A	—
Jelsma, Smits-Engelsman and Geuze (Jelsma <i>et al.</i> , 2016) / CCT	MABC2 $\leq 7^{\circ}$ + problemas na coordenação motora reportados pelos pais ou professores	GE1 (TDC/n=28) x GC1 (TD/n=21)	Nintendo Wii	30 min 3 x/sem	6 sem	Sim/Escola	Não. O grupo TD não recebeu intervenção	Variação no centro de pressão (COP)	Efeito igualmente positivo entre os grupos	0#	—	0.2#	—
Jelsma et al. (Jelsma <i>et al.</i> , 2015) (2015) / CCT	MABC2 $\leq 16^{\circ}$	GE1 (p-TDC-NL/n=28) x GE2 (p-TDC-SA/n=17) x GC1 (TD/n=21)	Nintendo Wii	10 tentativas Apenas uma vez	1 dia (treino curto)	Sim/Escola	Não. Os três grupos realizaram a mesma intervenção	Pontuações do Wii	Efeito positivo, mas as crianças TD melhoraram mais do que as p-	0.28†	0.22†	0.47†	—

TDC													
Smits-Engelsman et al. (Smits-Engelsman, B. C. <i>et al.</i> , 2015) / CCT	Critérios do DSM-5	GE1 (TDC/n=17) x GC1 (TD/n=17)	Nintendo Wii	20 min 2 x/sem	5 sem	Sim/Escola	Não. Ambos os grupos receberam a mesma intervenção	MABC-2, pontuações doWii	Efeito positivo, mas as crianças TD melhoraram mais do que as com TDC	1.02*	___	0.62*	___
Smits-Engelsman, Jelsma and Ferguson (Smits-Engelsman <i>et al.</i> , 2016) / CCT	Critérios do DSM-5	GE1 (TDC/n=17) x GC1 (TD/n=18)	Nintendo Wii	20 min 2 x/sem	5 sem	Sim/Escola	Não. Ambos os grupos receberam a mesma intervenção	MABC-2, BOT-2	Efeito positivo para crianças com TDC no desempenho do equilíbrio pelo BOT-2	0.91**	___	0.34**	___
Engel-Yeger et al. (Engel-Yeger <i>et al.</i> , 2017) (2017) / CCT	MABC2 ≤15°	GE1 (TDC/n=25) x GC1 (TD/n=25)	Microsoft Kinect	4 min Apenas uma vez	1 dia (treino curto)	Sim/Casa	Não. Ambos os grupos receberam a mesma intervenção	MABC-2, pontuações dos jogos do Kinect	Sem efeito	N/A	___	N/A	___
Bonney et al. (Bonney, Jelsma, <i>et al.</i> , 2017a) (2017a) / RCT	Critérios do DSM-5	GE1 (TDC Repetitiva) x GC1 (TD Repetitiva) x GE2 (TDC Variável) x GC2 (TD Variável) TDC: n=57;TD: n=54	Nintendo Wii	20 min 2 x/sem	5 sem	Sim/Escola	Sim. O protocolo de prática variada foi comparado com o protocolo de prática repetitiva	MABC-2	Efeito positivo independentemente do grupo e da prática adotada	Grupo TDC: 2.05*	___	Grupo TD: 0.51*	___
Bonney et al. (Bonney, Jelsma, <i>et al.</i> , 2017b) (2017b) / RCT	Critérios do DSM-5	GE1 (TDC Repetitiva) x GC1 (TD Repetitiva) x GE2 (TDC Variada) x GC2 (TD Variada) TDC: n=57; TD: n=54	Nintendo Wii	20 min 2 x/sem	5 sem	Sim/Escola	Sim. O protocolo de prática variada foi comparado com o protocolo de prática repetitiva	MABC-2, pontuações doWii	Efeito positivo independentemente do grupo e da prática adotada	2.56†	0.83†	2.52†	0.49†

MABC-2: Movement Assessment Battery for Children, 2ª edição; DCDQ: Developmental Coordination Disorder Questionnaire; TDC: transtorno do desenvolvimento da coordenação; TD: desenvolvimento típico; NAG: video-games não ativos; VGA: video-games ativos; GE1: grupo experimental 1; GE2: grupo experimental 2; GC1: grupo controle 1; GC2: grupo controle 2; BOT-2: Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, 2ª edição; CSQ: Co-ordination Skills Questionnaire; RV: realidade virtual; p-



TDC-NL: provável transtorno do desenvolvimento da coordenação, Netherlands; p-TDC-SA: provável transtorno do desenvolvimento da coordenação, South Africa; DSM-5: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5ª edição; RCT: ensaio clínico randomizado; CCT: ensaio clínico controlado; \* tamanho do efeito calculado a partir das pontuações da MABC-2; \*\* tamanho do efeito calculado a partir das pontuações do BOT-2; # tamanho do efeito calculado a partir da variação do deslocamento na direção anterior-posterior (SDCoPx); † tamanho do efeito calculado a partir das pontuações dos jogos do Wii; N/A: tamanho do efeito não disponível.

**Tabela II.** Avaliação da qualidade dos estudos de acordo com a escala PEDro

<b>Estudos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>Total</b>
Straker, Howie, Smith, Jensen, Piek e Campbell (2011)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Ashkenazi, Laufer, Orian e Weiss (2013)	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	7/10
Hammond, Jones, Hill, Green e Male (2014)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Mombarg, Jelsma e Hartman (2013)	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7/10
Jelsma, Geuze, Mombarg e Smits-Engelsman (2014)	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	5/10
Jelsma, Smits-Engelsman e Geuze (2016)	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	3/10
Jelsma, Ferguson, Smits-Engelsman e Geuze (2015)	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	4/10
Smits-Engelsman, Jelsma, Ferguson e Geuze (2015)	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	4/10
Smits-Engelsman, Jelsma e Ferguson (2016)	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	4/10
Engel-Yeger, Sido, Mimouni-Bloch e Weiss (2017)	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	4/10
Bonney, Jelsma, Ferguson e Smits-Engelsman (2017a)	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	6/10
Bonney, Jelsma, Ferguson e Smits-Engelsman (2017b)	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	5/10
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	

(1) Os critérios de inclusão e exclusão foram descritos? (2) Os participantes foram randomicamente alocados nos grupos? (3) A alocação foi secreta? (4) Os grupos foram similares na linha de base para os indicadores de prognósticos mais importantes? (5) Todos os participantes foram cegados? (6) Todos os terapeutas que adminstraram as intervenções foram cegados? (7) Todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado chave foram cegados? (8) As medidas de pelo menos um resultado chave foram obtidas em pelo menos >85% dos participantes que receberam alocação inicial nos grupos? (9) Todos os participantes (para os quais os desfechos medidos foram disponíveis) receberam o tratamento ou foram alocados na condição controle; ou, quando este não foi o caso, os dados de pelo menos um resultado chave foram analisados por intenção de tratar? (10) Os resultados das comparações estatísticas entre grupos foram reportadas para pelo menos um resultado chave? (11) O estudo realizou ambas medidas pontuais de variabilidade para pelo menos um resultado chave?

**Tabela III.** - Qualidade da evidência avaliada pela grade

**Questão:** As intervenções com realidade virtual devem ser usadas em crianças com TDC?

**Referências:** Straker et al. (2015); Ashkenazi et al. (2013); Hammond et al. (2014)

Avaliação da qualidade							Número de pacientes		Efeito		Qualidade	Importância
Nº de estudos	Desenho	Risco de vies	Inconsistência	Indirectividade	Imprecisão	Outras considerações	Intervenção com realidade virtual	Controle	Relativo (95% IC)	Absoluto		
<b>Desempenho motor (follow-up com média de 12 semanas, mensurado com MABC-2 e BOT; melhores pontuações indicadas pelos valores mais baixos)</b>												
3	Ensaio randomizados	Risco de vies não sério	Sério <sup>1</sup>	Indirectividade não séria	Séria <sup>2</sup>	Nenhuma	36	37	-	Média 0.82 superior (0 to 0 superior)	Baixa	Importante

<sup>1</sup> Apenas 66% dos estudos mostraram efeito positivo das intervenções com RV.

<sup>2</sup> Apenas 73 participantes foram incluídos em todos os estudos.

## **Discussão**

Com base em nosso melhor conhecimento, esta é a primeira revisão sistemática a avaliar a efetividade da RV no desempenho motor em crianças com TDC. Apenas doze estudos RCT/CTT foram encontrados para acessarmos a efetividade de intervenções com RV no desempenho de habilidades motoras para crianças com TDC. Entre esses estudos, sete foram classificados como sendo de alta qualidade metodológica. Os protocolos de RV aplicados e os grupos de comparação acessados foram muito heterogêneos entre os estudos primários. Apenas três estudos consideraram crianças com TDC como controles, enquanto os outros consideraram crianças com desenvolvimento típico como controles. Dessa forma, apenas esses três estudos foram incluídos para a síntese de evidência (STRAKER *et al.*, 2015; ASHKENAZI, LAUFER, *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014).

### **Síntese de evidência para a prática clínica**

Apesar dos benefícios da RV que os estudos primários mostraram individualmente, a síntese de evidência mostrou que a RV não foi mais efetiva que intervenções controle na melhoria do desempenho motor de crianças com TDC. A evidência sintetizada para a prática clínica relacionada ao potencial terapêutico da RV para melhoria do desempenho motor foi baixa. Por esta razão, quaisquer recomendações para prescrição da RV como uma intervenção para prática clínica será incerta, uma vez que os estudos mostraram resultados inconsistentes relacionados às melhorias (ou falta da mesma) no desempenho motor de crianças com TDC.

Considerando os protocolos de intervenção com RV aplicados pelos estudos primários, nossa análise mostrou que os protocolos de RV negligenciaram o princípio da especificidade do treinamento. Este simples princípio é baseado no argumento de que é necessário direcionar habilidades motoras específicas no sentido de observar melhorias

específicas nessas habilidades (BARNETT *et al.*, 1973). Em termos práticos, se terapeutas objetivam melhorar o equilíbrio das crianças, então eles devem conduzir treinamentos específicos para o equilíbrio; de outra forma os efeitos de intervenções oriundos de protocolos não específicos podem ser mínimos.

Os tamanhos de efeito das intervenções aplicadas nos três estudos incluídos na síntese de evidência foram heterogêneos. Por exemplo, Straker *et al.* (STRAKER *et al.*, 2015) encontraram um tamanho de efeito mais alto para o grupo RV quando comparado ao grupo controle (neste caso, crianças com TDC realizando atividades de vida diária). Similarmente, Hammond *et al.* (HAMMOND *et al.*, 2014) encontraram um tamanho de efeito muito alto para o grupo RV (crianças com TDC usando RV) versus o grupo controle (crianças com TDC realizando atividades de vida diária). Por fim, Ashkenazi *et al.* (ASHKENAZI, LAUFER, *et al.*, 2013) encontraram um alto tamanho de efeito no grupo RV (crianças com TDC realizando treinamento de RV), enquanto o tamanho de efeito para o grupo controle (crianças com TDC recebendo fisioterapia convencional) foi também muito alto.

Mesmo tendo os três estudos analisados pela GRADE comparados protocolos de RV versus a condição controle apenas em crianças com TDC, a diferença na estimativa dos efeitos e aspectos de validade externa (tais como características da tarefa, tempo das sessões e duração dos protocolos) permitiram ter uma divergência nos resultados e conclusões dos estudos, que impediram os achados de evidência para a prática clínica.

Um estudo recente de Bonney, Ferguson e Smits-Engelsman (BONNEY, FERGUSON *et al.*, 2017) encontraram efeitos similares no desempenho motor com a utilização do treinamento Wii (intervenção com RV) e o treinamento funcional orientado à tarefa (intervenção sem RV) entre adolescentes com TDC. Os autores justificaram esta similaridade pelos parâmetros comuns estritamente parecidos, tais como o tempo de sessão, duração e a frequência do treinamento. Assim, nós recomendamos o desenvolvimento de protocolo de

treinamento baseado nas habilidades motoras específicas e com aplicação dos parâmetros de treinamento, tais como duração e frequência do treinamento, similar entre as intervenções. O que poderá ajudar a encontrar evidência mais clara a partir dos estudos com RV.

Mesmo assim, baseado na presente evidência, nós não podemos estabelecer que a RV deve ser prescrita em detrimento a intervenções sem RV. Até o momento, nós podemos apenas indicar a RV como uma opção complementar para abordagens convencionais de intervenção para crianças com TDC. Outras questões para além do desempenho motor devem ser consideradas quando escolhemos entre abordagens de intervenção com e sem RV – tais como a motivação, o ambiente seguro e controlado que os aparelhos de RV propiciam – bem como a disponibilidade do equipamento. Entretanto, nós não podemos suportar nem refutar o uso da RV, terapeutas então podem considerar a RV como uma estratégia complementar no processo de reabilitação para crianças com TDC na prática clínica. Além disso, terapeutas devem considerar a disponibilidade da lista de tarefas/jogos dos equipamentos comerciais de RV. Esta lista de tarefas/jogos, entretanto, deve ser selecionada com base na especificidade da tarefa e habilidades que se desejam melhorar nessas crianças. Uma vez que jogos de RV foram desenhados para permitirem mais ambientes interativos, (WEISS; JESSEL, 1998; RIZZO; KIM, 2005) o desenvolvimento de software e hardware específicos para abordagens terapêuticas devem ser desenvolvidos por empresas em colaboração com terapeutas que possuem experiência neste campo.

RV é uma nova abordagem, (MEARS; HANSEN, 2009; SANDLUND *et al.*, 2009; LEVAC; GALVIN, 2011) e conhecimento sobre produtos e processos para reabilitação ou programas de intervenção deve ser desenvolvido e melhorado, especialmente para o público específico de crianças com TDC.

## Evidência científica

Em termos de corpo de evidência a ser pesquisado, dentre as questões a serem consideradas estão os critérios para diagnóstico do TDC, que não variaram entre os estudos incluídos nesta revisão. Entretanto, as características das crianças com TDC podem variar, (MISSIUNA *et al.*, 2008; HODGSON; HUDSON, 2017) a maior parte dos estudos selecionados incluíram crianças com baixa proficiência motora, classificadas como TDC moderado, como base no ponto de corte  $\leq 16^{\circ}$  percentil para a pontuação total da MABC-2 (HENDERSON *et al.*, 2007). Seis estudos incluíram apenas crianças com TDC, incluídos com base no ponto de corte  $\leq 5^{\circ}$  percentil para a pontuação total da MABC-2 (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015; JELSMA *et al.*, 2016; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2016; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017a; BONNEY, JELSMA, *et al.*, 2017b; ENGEL-YEGER *et al.*, 2017).

A avaliação do desempenho motor foi realizada primariamente pela MABC-2, (JELSMA *et al.*, 2015; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017a; ENGEL-YEGER *et al.*, 2017) a MABC-2 em conjunto com a segunda edição do Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOT-2) (MOMBARG *et al.*, 2013; JELSMA *et al.*, 2014; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2016; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017b) e MABC-2 junto com o Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ), que considera o relato dos pais no comprometimento motor dessas crianças (ASHKENAZI, LAUFER *et al.*, 2013; ASHKENAZI, WEISS, *et al.*, 2013; STRAKER *et al.*, 2015). Apenas um estudo usou o BOT-2, (HAMMOND *et al.*, 2014) um estudo usou a medida de variação do centro de pressão (JELSMA *et al.*, 2016) e outro estudo apenas considerou as pontuações dos jogos para avaliação do desempenho motor (JELSMA *et al.*, 2015). Dentre esses estudos, dois estudos também usaram análise cinemática (STRAKER *et al.*, 2015; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2016).

Outro instrumento que também é frequentemente usado para diagnóstico do TDC é o DCDQ, que é um questionário validado para avaliação de sinais de déficits motores que interferem nas atividades escolares e de lazer das crianças. O uso do DCDQ preenche o critério B do DSM-V e deve ser usado em conjunto com uma bateria de avaliação motora, tais como a MABC-2, que preenche o critério A do DSM-V (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013). Ademais, pelo menos dois critérios do DSM-V (A e B) devem ser seguidos no processo diagnóstico do TDC (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015). Entretanto, apenas três estudos usaram o DCDQ, (ASHKENAZI, LAUFER, *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014; STRAKER *et al.*, 2015). A importância do uso deste instrumento deve ser observada no fato de que as dificuldades motoras presentes nas crianças com TDC são frequentemente percebidas por seus pais, (PLESS *et al.*, 2001; HAY *et al.*, 2004; MISSIUNA *et al.*, 2006; CAIRNEY *et al.*, 2007) e sinais de déficits motores nas crianças percebidos por seus pais são fortes indicadores para atestar o diagnóstico de TDC por meio de teste motor (CAVALCANTE NETO *et al.*, 2018). Ao longo do tempo, a evolução das dificuldades motoras relatadas pelos pais tornou-se um motivo de preocupação (MISSIUNA *et al.*, 2008). Estudos futuros poderiam assim incluir relatos dos pais sobre o desempenho motor das crianças, bem como a avaliação motora, e assim otimizar os critérios diagnósticos para TDC (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013).

Ademais, os estudos que compararam intervenções com RV com intervenções sem RV não propuseram protocolos similares com relação à duração da sessão ou habilidades motoras requeridas durante cada sessão, o que torna difícil comparar os resultados entre os estudos e o tipo de intervenção aplicada por eles (a saber, intervenções com RV versus intervenções sem RV). A heterogeneidade entre os estudos incluídos na presente revisão sistemática pode ser parcialmente explicada pelo fato que o TDC compreende uma variedade de características clínicas (GEUZE *et al.*, 2001; MISSIUNA *et al.*, 2008). Assim, algumas crianças com TDC

podem apresentar somente problemas com movimentos de coordenação refinada, enquanto outras podem apresentar problemas mais sérios na coordenação de movimentos globais, ou ainda ambos, (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013) assim torna difícil estabelecer um protocolo completamente padronizado e compreensivo para essas crianças.

Os estudos incluídos na análise GRADE mostraram um tamanho amostral com uma média de onze crianças com TDC moderado em cada grupo (experimental e controle). A partir dos três estudos incluídos, apenas um estudo realizou o cálculo do tamanho amostral. Nós podemos ainda assumir que os estudos mostraram importante vies de imprecisão, que pode ter afetado a interpretação das medidas de desfecho. Assim, apesar dos estudos reconhecerem o desafio da avaliação e identificação de crianças com TDC, mantendo-as dentro do protocolo, (GEUZE *et al.*, 2001; MISSIUNA *et al.*, 2008) esses estudos não tiveram garantia de que possuíam adequado tamanho amostral. O risco de viés pode ser reduzido se estudos CCTs futuros realizarem cálculo amostral e adequadamente concluírem o estudo com o tamanho amostral requerido (SAKPAL, 2010).

Sobre a qualidade metodológica, as principais inadequações observadas em nossa avaliação PEDro foram relativas ao não cegamento dos participantes e terapeutas, e ao processo de alocação não ter sido secreto. Nenhum dos estudos apresentou cegamento dos participantes, apenas um (ASHKENAZI, LAUFER *et al.*, 2013) teve o terapeuta cego e apenas outro estudo (MOMBARG *et al.*, 2013) seguiu de forma secreta a alocação dos participantes. Além disso, apenas quatro estudos tiveram grupos que partiram com valores de desempenho motor de linhas de base similares (MOMBARG *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014; BONNEY, JELSMA, *et al.*, 2017a; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017b), e apenas quatro estudos tiveram avaliadores cegos (ASHKENAZI, WEISS *et al.*, 2013; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2016; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017a; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017b).



É também importante que terapeutas e outros profissionais tenham em mente que os resultados de suas intervenções poderão diferir dependendo do local onde a intervenção for realizada, o total e duração das atividades, e se as intervenções são conduzidas individualmente, com pais ou outras crianças, como foi visto nos estudos aqui revisados. Com a finalidade de estabelecer evidência científica a partir das intervenções com RV, entretanto, melhorias da homogeneidade são requeridas. Apesar das características de validação das várias ferramentas de avaliação, comparações entre crianças com TDC e aquelas com desenvolvimento típico são inconsistentes. Devido as diferentes linhas de base usadas para o desempenho motor, comparações desta natureza são incoerentes e dificultam a obtenção de evidências mais precisas através da homogeneidade do estudo.

### **Recomendações**

Nós propomos diversas recomendações com base em nossos achados. Primeiro, terapeutas devem escolher os jogos que eles usam baseados na especificidade das habilidades alvo que eles desejam melhorar durante as sessões de treinamento. Utilizar uma lista de jogos para cada habilidade alvo parece ser a melhor opção a seguir devido à complexidade das características do TDC. Quando possível, terapeutas devem estar em contato com técnicos e programadores de jogos responsáveis pelo desenvolvimento dos equipamentos de RV e desenvolver novos e específicos recursos para as intervenções. Segundo, outra possibilidade para o aumento da aderência de crianças com TDC (e talvez a efetividade do tratamento) pode ser o uso domiciliar desses recursos, entretanto terapeutas e pais devem avaliar as melhores condições para a criança, considerando as preferências pessoais, o comprometimento motor e o tempo.

## Conclusão

Esta revisão mostrou que, apesar da realidade virtual ser uma abordagem de intervenção em crescimento a ser usada em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação, a força da evidência em favor da RV continua baixa. Os protocolos de RV examinados nesta revisão não seguiram padronizações em relação à frequência, tempo de sessão e duração total de intervenção com RV, que diferiram entre os estudos. Alguns estudos não propuseram protocolos padronizados: por exemplo, eles não controlaram os jogos realizados durante as sessões, (MOMBARG *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014) as habilidades motoras requeridas durante as sessões (ASHKENAZI, WEISS *et al.*, 2013; STRAKER *et al.*, 2015; JELSMA *et al.*, 2016; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017a; BONNEY, JELSMA *et al.*, 2017b) ou o tempo gasto em cada sessão (MOMBARG *et al.*, 2013). Além disso, estudos com intervenções baseadas na RV continuam escassos.

A heterogeneidade dos estudos primários incluídos nesta revisão impediu a síntese de evidência e não encontramos evidência atual suficiente para suportar ou refutar o uso da RV em detrimento ao uso de intervenções sem RV na melhoria do desempenho motor de crianças com TDC. Mais ensaios clínicos randomizados de alta qualidade são necessários para sintetizar a evidência sobre intervenções baseadas na RV para crianças com TDC.

## Referências

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and statistical manual of mental disorders**. 5th. Arlington: American Psychiatric Publishing, 2013.

ASHKENAZI, T. et al. **Effect of training children with Developmental Coordination Disorders in a virtual environment compared with a conventional environment**. International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR). Philadelphia, PA, USA: IEEE 2013.

ASHKENAZI, T. et al. Low-cost virtual reality intervention program for children with developmental coordination disorder: a pilot feasibility study. **Pediatr Phys Ther**, v. 25, n. 4, p. 467-73, Winter 2013. ISSN 1538-005X (Electronic) 0898-5669 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24076632> >.

BARNETT, M. L. et al. Motor skills learning and the specificity of training principle. **Res Q**, v. 44, n. 4, p. 440-7, Dec 1973. ISSN 0034-5377 (Print) 0034-5377 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4532277> >.

BIDDISS, E.; IRWIN, J. Active video games to promote physical activity in children and youth: a systematic review. **Arch Pediatr Adolesc Med**, v. 164, n. 7, p. 664-72, Jul 2010. ISSN 1538-3628 (Electronic) 1072-4710 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20603468> >.

BIOTTEAU, M. et al. Neural changes associated to procedural learning and automatization process in Developmental Coordination Disorder and/or Developmental Dyslexia. **Eur J Paediatr Neurol**, v. 21, n. 2, p. 286-299, Mar 2017. ISSN 1532-2130 (Electronic) 1090-3798 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27546352> >.

BLANK, R. et al. European Academy for Childhood Disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). **Dev Med Child Neurol**, v. 54, n. 1, p. 54-93, Jan 2012. ISSN 1469-8749 (Electronic) 0012-1622 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22171930> >.

BONNEY, E.; FERGUSON, G.; SMITS-ENGELSMAN, B. The efficacy of two activity-based interventions in adolescents with Developmental Coordination Disorder. **Res Dev Disabil**, v. 71, p. 223-236, Dec 2017. ISSN 1873-3379 (Electronic) 0891-4222 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29055242> >.

BONNEY, E. et al. Variable training does not lead to better motor learning compared to repetitive training in children with and without DCD when exposed to active video games. **Res Dev Disabil**, v. 62, p. 124-136, Mar 2017a. ISSN 1873-3379 (Electronic) 0891-4222 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28157565> >.

BONNEY, E. et al. Learning better by repetition or variation? Is transfer at odds with task specific training? **PLoS One**, v. 12, n. 3, p. e0174214, 2017b. ISSN 1932-6203 (Electronic) 1932-6203 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28333997> >.

CAIRNEY, J. et al. Evaluating the CSAPPA subscales as potential screening instruments for developmental coordination disorder. **Arch Dis Child**, v. 92, n. 11, p. 987-91, Nov 2007. ISSN 1468-2044 (Electronic) 0003-9888 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17573409> >.

CAVALCANTE NETO, J. L.; SATO, T. D. O.; TUDELLA, E. Socio-demographic factors influences on guardians perception of Developmental Coordination Disorder among Brazilian schoolchildren. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 24, 2018. ISSN 1980-6574. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-65742018000200304&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-65742018000200304&nrm=iso) >.

CERMAK, S. A.; LARKIN, D. **Developmental Coordination Disorder**. Albany, NY: Delmar Thomson Learning, 2002.

CONTREIRA, A. R. et al. Lifestyle in children with and without developmental coordination disorder. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 21, p. 223-228, 2014. ISSN 1809-2950. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-29502014000300223&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502014000300223&nrm=iso) >.

DUNFORD, C. et al. Children's Perceptions of the Impact of Developmental Coordination Disorder on Activities of Daily Living. **British Journal of Occupational Therapy**, v. 68, n. 5, p. 207-214, 2005. Disponível em: < <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/030802260506800504> >.

ENGEL-YEGGER, B. et al. Relationship between perceived competence and performance during real and virtual motor tasks by children with developmental coordination disorder. **Disabil Rehabil Assist Technol**, v. 12, n. 7, p. 752-757, Oct 2017. ISSN 1748-3115 (Electronic) 1748-3107 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28098503> >.

FERGUSON, G. D. et al. The efficacy of two task-orientated interventions for children with Developmental Coordination Disorder: Neuromotor Task Training and Nintendo Wii Fit Training. **Res Dev Disabil**, v. 34, n. 9, p. 2449-61, Sep 2013. ISSN 1873-3379 (Electronic) 0891-4222 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23747936> >.

FURLAN, A. D. et al. 2009 updated method guidelines for systematic reviews in the Cochrane Back Review Group. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 34, n. 18, p. 1929-41, Aug 15 2009. ISSN 1528-1159 (Electronic) 0362-2436 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19680101> >.

GEUZE, R. H. et al. Developmental coordination disorder. **Hum Mov Sci**, v. 20, n. 1-2, p. 1-5, Mar 2001. ISSN 0167-9457 (Print) 0167-9457 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11471392> >.

GONSALVES, L. et al. Children with developmental coordination disorder play active virtual reality games differently than children with typical development. **Phys Ther**, v. 95, n. 3, p. 360-8, Mar 2015. ISSN 1538-6724 (Electronic) 0031-9023 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25301965> >.

GORDON, C.; ROOPCHAND-MARTIN, S.; GREGG, A. Potential of the Nintendo Wii as a rehabilitation tool for children with cerebral palsy in a developing country: a pilot study. **Physiotherapy**, v. 98, n. 3, p. 238-42, Sep 2012. ISSN 1873-1465 (Electronic) 0031-9406 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22898581> >.

GREEN, D. et al. The risk of reduced physical activity in children with probable Developmental Coordination Disorder: a prospective longitudinal study. **Res Dev Disabil**, v. 32, n. 4, p. 1332-42, Jul-Aug 2011. ISSN 1873-3379 (Electronic) 0891-4222 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21334850> >.

HAMMOND, J. et al. An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties: a pilot study. **Child Care Health Dev**, v. 40, n. 2, p. 165-75, Mar 2014. ISSN 1365-2214 (Electronic) 0305-1862 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23363371> >.

HAY, J. A.; HAWES, R.; FAUGHT, B. E. Evaluation of a screening instrument for developmental coordination disorder. **J Adolesc Health**, v. 34, n. 4, p. 308-13, Apr 2004. ISSN 1054-139X (Print) 1054-139X (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15041000> >.

HENDERSON, S. E.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. L. **Movement assessment battery for children (Movement ABC-2). Examiner's manual (2nd ed)**. London: Harcourt Assessment, 2007.

HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0 [updated March 2011]**. The Cochrane Collaboration: 2011. Disponível em: < <http://handbook.cochrane.org> >.

HILLIER, S. Intervention for Children with Developmental Coordination Disorder: A Systematic Review. **Journal of Allied Health**, v. 5, p. 11, 2007.

HODGSON, J. C.; HUDSON, J. M. Atypical speech lateralization in adults with developmental coordination disorder demonstrated using functional transcranial Doppler ultrasound. **J Neuropsychol**, v. 11, n. 1, p. 1-13, Mar 2017. ISSN 1748-6653 (Electronic) 1748-6645 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26917045> >.

HOLDEN, M. K. Virtual environments for motor rehabilitation: review. **Cyberpsychol Behav**, v. 8, n. 3, p. 187-211; discussion 212-9, Jun 2005. ISSN 1094-9313 (Print) 1094-9313 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15971970> >.

JELSMA, D. et al. Short-term motor learning of dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder. **Res Dev Disabil**, v. 38, p. 213-22, Mar 2015. ISSN 1873-3379 (Electronic) 0891-4222 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25575285> >.

JELSMA, D. et al. The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. **Hum Mov Sci**, v. 33, p. 404-18, Feb 2014. ISSN 1872-7646 (Electronic) 0167-9457 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24444657> >.

JELSMA, L. D. et al. Changes in dynamic balance control over time in children with and without Developmental Coordination Disorder. **Hum Mov Sci**, v. 49, p. 148-59, Oct 2016. ISSN 1872-7646 (Electronic) 0167-9457 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27404396> >.

KASHIWAGI, M. et al. Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: a functional MRI study. **Neuroreport**, v. 20, n. 15, p. 1319-24, Oct 07 2009. ISSN 1473-558X (Electronic) 0959-4965 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19730138> >.

LEVAC, D. E.; GALVIN, J. Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: application of a classification framework. **Dev Neurorehabil**, v. 14, n. 3, p. 177-84, 2011. ISSN 1751-8431 (Electronic) 1751-8423 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21548859> >.

MEARS, D.; HANSEN, L. Technology in Physical Education Article #5 in a 6-Part Series: Active Gaming: Definitions, Options and Implementation. **Strategies**, v. 23, n. 2, p. 26-29, 2009/11/01 2009. ISSN 0892-4562. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/08924562.2009.10590864> >.

MISSIUNA, C. et al. Mysteries and mazes: parents' experiences of children with developmental coordination disorder. **Can J Occup Ther**, v. 73, n. 1, p. 7-17, Feb 2006. ISSN 0008-4174 (Print) 0008-4174 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16570837> >.

MISSIUNA, C. et al. Enabling occupation through facilitating the diagnosis of developmental coordination disorder. **Can J Occup Ther**, v. 75, n. 1, p. 26-34, Feb 2008. ISSN 0008-4174 (Print) 0008-4174 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18323365> >.

MISSIUNA, C.; RIVARD, L.; POLLOCK, N. **Children with Developmental Coordination Disorder: At home, at school, and in the community.** CanChild Centre for Childhood Disability Research. McMaster University, 2011.

MIYAHARA, M. et al. Task-oriented interventions for children with developmental coordination disorder. **Cochrane Database Syst Rev**, v. 7, p. CD010914, Jul 31 2017. ISSN 1469-493X (Electronic) 1361-6137 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28758189> >.

MOMBARG, R.; JELSMA, D.; HARTMAN, E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. **Res Dev Disabil**, v. 34, n. 9, p. 2996-3003, Sep 2013. ISSN 1873-3379 (Electronic) 0891-4222 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23827983> >.

PLESS, M. et al. Children with Developmental Co-ordination Disorder: A Qualitative Study of Parents' Descriptions. **Advances in Physiotherapy**, v. 3, n. 3, p. 128-135, 2001/01/01 2001. ISSN 1403-8196. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/140381901750475375> >.

- PRESTON, N. et al. A systematic review of high quality randomized controlled trials investigating motor skill programmes for children with developmental coordination disorder. **Clin Rehabil**, v. 31, n. 7, p. 857-870, Jul 2017. ISSN 1477-0873 (Electronic) 0269-2155 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27481937> >.
- QUERNE, L. et al. Dysfunction of the attentional brain network in children with Developmental Coordination Disorder: a fMRI study. **Brain Res**, v. 1244, p. 89-102, Dec 09 2008. ISSN 1872-6240 (Electronic) 0006-8993 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18718456> >.
- RIZZO, A.; KIM, G. J. A SWOT analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy. **Presence-Teleoperators and Virtual Environments**, v. 14, n. 2, p. 119-146, Apr 2005. ISSN 1054-7460. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000229538900002 >.
- SAKPAL, T. V. Sample size estimation in clinical trial. **Perspect Clin Res**, v. 1, n. 2, p. 67-9, Apr 2010. ISSN 2229-5488 (Electronic) 2229-3485 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21829786> >.
- SANDBLUND, M.; MCDONOUGH, S.; HAGER-ROSS, C. Interactive computer play in rehabilitation of children with sensorimotor disorders: a systematic review. **Dev Med Child Neurol**, v. 51, n. 3, p. 173-9, Mar 2009. ISSN 1469-8749 (Electronic) 0012-1622 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19191834> >.
- SMITS-ENGELSMAN, B. et al. Diagnostic criteria for DCD: Past and future. **Hum Mov Sci**, v. 42, p. 293-306, Aug 2015. ISSN 1872-7646 (Electronic) 0167-9457 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25843305> >.
- SMITS-ENGELSMAN, B. C. et al. Efficacy of interventions to improve motor performance in children with developmental coordination disorder: a combined systematic review and meta-analysis. **Dev Med Child Neurol**, v. 55, n. 3, p. 229-37, Mar 2013. ISSN 1469-8749 (Electronic) 0012-1622 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23106530> >.
- SMITS-ENGELSMAN, B. C.; JELSMA, L. D.; FERGUSON, G. D. The effect of exergames on functional strength, anaerobic fitness, balance and agility in children with and without motor coordination difficulties living in low-income communities. **Hum Mov Sci**, Jul 13 2016. ISSN 1872-7646 (Electronic) 0167-9457 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27423302> >.
- SMITS-ENGELSMAN, B. C. et al. Motor Learning: An Analysis of 100 Trials of a Ski Slalom Game in Children with and without Developmental Coordination Disorder. **PLoS One**, v. 10, n. 10, p. e0140470, 2015. ISSN 1932-6203 (Electronic) 1932-6203 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26466324> >.
- SNAPP-CHILDS, W.; MON-WILLIAMS, M.; BINGHAM, G. P. A sensorimotor approach to the training of manual actions in children with developmental coordination disorder. **J Child Neurol**, v. 28, n. 2, p. 204-12, Feb 2013. ISSN 1708-8283 (Electronic) 0883-0738 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23076426> >.

STRAKER, L. et al. A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of Developmental Coordination Disorder. **Hum Mov Sci**, v. 42, p. 146-60, Aug 2015. ISSN 1872-7646 (Electronic) 0167-9457 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26037276> >.

STRAKER, L. M. et al. Rationale, design and methods for a randomised and controlled trial of the impact of virtual reality games on motor competence, physical activity, and mental health in children with developmental coordination disorder. **BMC Public Health**, v. 11, p. 654, Aug 18 2011. ISSN 1471-2458 (Electronic) 1471-2458 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21851587> >.

SUGDEN, D. A. **Leeds consensus statement: Economic Science Research Council Seminar Series**. Cardiff: Dyscovery Trust, 2006.

VAIVRE-DOURET, L.; LALANNE, C.; GOLSE, B. Developmental Coordination Disorder, An Umbrella Term for Motor Impairments in Children: Nature and Co-Morbid Disorders. **Front Psychol**, v. 7, p. 502, 2016. ISSN 1664-1078 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27148114> >.

WANG, M.; REID, D. Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. **Neuroepidemiology**, v. 36, n. 1, p. 2-18, 2011. ISSN 1423-0208 (Electronic) 0251-5350 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21088430> >.

WEISS, P. L.; JESSEL, A. S. Virtual reality applications to work. **Work**, v. 11, n. 3, p. 277-93, 1998. ISSN 1051-9815 (Print) 1051-9815 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24441599> >.

WILSON, P. H. et al. Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta-analysis of recent research. **Dev Med Child Neurol**, v. 55, n. 3, p. 217-28, Mar 2013. ISSN 1469-8749 (Electronic) 0012-1622 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23106668> >.

ZWICKER, J. G.; HARRIS, S. R.; KLASSEN, A. F. Quality of life domains affected in children with developmental coordination disorder: a systematic review. **Child Care Health Dev**, v. 39, n. 4, p. 562-80, Jul 2013. ISSN 1365-2214 (Electronic) 0305-1862 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22515477> >.

**Financiamento** – Este estudo recebeu suporte financeiro da FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo número 2015/24291-0).



## **5. ESTUDO III**

*(versão em português do artigo submetido à revista em língua inglesa)*

Intervenção motora com e sem Nintendo Wii® para crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação: protocolo de um ensaio clínico randomizado

Autores: Jorge Lopes Cavalcante Neto, Bert Steenbergen e Eloisa Tudella

Periódico: Manuscrito submetido à BMC Neurology (JCR: 2.170)

---

## **Resumo**

### **Introdução:**

Apesar dos benefícios destacados pelas intervenções motoras baseadas na realidade virtual para crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC), ainda existem lacunas se estes benefícios são superiores àqueles obtidos com intervenções convencionais devido à ausência de evidência e protocolos sistematizados. Neste artigo, apresentamos um protocolo sistematizado para comparar sistematicamente os efeitos de dois programas de intervenção motora (um com atividades motoras baseadas no Wii e outro com atividades não baseadas no Wii) no desempenho motor em crianças com TDC.

### **Métodos/Desenho:**

Dois protocolos de intervenção (um com atividades motoras baseadas no Wii e outro com atividades não baseadas no Wii) irão ser aplicados, com intervenções ocorrendo duas vezes por semana, em sessões de 60 minutos, com um mínimo de 12 e um máximo de 16 sessões para cada criança.

Os protocolos foram desenvolvidos com base nos domínios da Movement Assessment Battery for Children – 2 (MABC-2) (Destreza manual, alvo/precisão, equilíbrio), com duas atividades para cada um dos domínios da MABC-2. O estudo irá incluir crianças na faixa-etária de 7-10 anos com um escore total da MABC-2  $\leq 16$ , e o Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ) com escore  $< 46$  (para 7 anos de idade), com escore  $< 55$  (para a faixa-etária de 8 a 9 anos e 11 meses), ou escore  $< 57$  (para 10 anos de idade), atribuídos pelos pais das crianças. As crianças serão randomicamente alocadas por sorteio em um dos dois protocolos de intervenção. A MABC-2 e o DCDQ serão aplicados antes e após as intervenções para avaliar os efeitos das intervenções no desempenho motor e na percepção dos pais, respectivamente. A aprendizagem motora será avaliada por meio das médias dos

escores obtidos nos jogos. Avaliadores e terapeutas serão treinados e cegos em relação aos dados das crianças no estudo.

**Discussão:** Devido a seus aspectos motivadores, o treino com Wii pode ser particularmente benéfico para crianças com TDC. Os resultados deste estudo de protocolo ajudarão pesquisadores e terapeutas a entenderem melhor os benefícios da intervenção motora baseada no Wii em comparação àqueles obtidos com intervenções não baseadas no Wii em crianças com TDC. Também criará referências sobre protocolos mais sistematizados para replicação na prática clínica, buscando a melhoria dos componentes motores dessas crianças.

**Registro do ensaio:** Este ensaio foi registrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (RBR89YDGJ) em 21 de Outubro de 2016.

**Palavras-chave:** Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação, Realidade Virtual, Nintendo Wii, Desempenho Motor, Aprendizagem Motora, Treino Motor, Crianças

## **Introdução**

Crianças com controle motor comprometido são amplamente mencionadas em vários estudos (ADAMS *et al.*, 2016; CAÇOLA *et al.*, 2016; FONG *et al.*, 2016), devido ao fato de que a habilidade motora comprometida afeta direta ou indiretamente o desempenho das atividades funcionais. O Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) apresenta um número de características relacionadas ao desenvolvimento motor que tem um impacto significativo sobre a vida diária e escolar de muitas crianças (WADE; KAZECK, 2016). Os critérios diagnósticos de TDC envolvem significativas alterações motoras, comprometendo a vida escolar e as atividades diárias e de lazer, e o fato dessas alterações aparecerem em estágios iniciais de vida das crianças, apesar das oportunidades de prática (“American Psychiatric Association”, 2013).

Dados de neuroimagem têm destacado importantes alterações corticais em crianças com TDC, especificamente nas regiões frontal, parietal e temporal (KASHIWAGI *et al.*, 2009; QUERNE *et al.*, 2008) durante a realização de tarefas manuais, que podem estar associadas com um processamento de informação motora mais lento nessas crianças quando comparadas às crianças típicas (ZWICKER; MISSIUNA; BOYD, 2009).

Tais restrições podem levar a significativa redução da participação social (LICARI *et al.*, 2015) e do desempenho escolar (SYLVESTRE *et al.*, 2013), uma vez que muitas crianças com TDC tendem a se isolar de outras crianças por não serem capazes de realizar atividades motoras no mesmo ritmo que seus pares devido à limitação no processamento de informação. Essas crianças também tendem a se tornarem mais ansiosas e inseguras (WANG *et al.*, 2009), e se sentirem mais motivadas a realizarem atividades individuais e de características sedentárias (CAÇOLA, 2016).

Estratégias motivacionais para intervenções com essas crianças parecem ser a chave do sucesso em termos de participação e ganhos funcionais (KWAN *et al.*, 2016). O uso da tecnologia tem ganhado destaque nos últimos anos entre as estratégias adotadas, uma vez que recursos como jogos interativos baseados na realidade virtual oferecem *feedback* instantâneo e o maior número de repetições de movimentos corporais por sessão do que muitas técnicas convencionais de intervenção motora, como Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) ou Neuromotor Task Training (NTT)(KWAN *et al.*, 2013). Esta faceta pode promover maior eficácia da intervenção motora nessas crianças.

Mais especificamente, o uso do Nintendo® Wii na reabilitação de crianças com alterações motoras tem sido promovido pela facilidade em medir a força aplicada e capturar a mudança de pressão disponível no Wii Balance Board, além do fato de que o controle de movimento do Wii permite grande estimulação do componente motor Destreza manual

(RAHMAN; RAHMAN; SHAHEEN, 2011; WEISS *et al.*, 2004) que em conjunto com o Equilíbrio e Alvo & Precisão constituem os domínios da Movement Assessment Battery for Children (MABC), que é uma bateria de avaliação motora considerada padrão ouro para identificação do TDC em crianças (SNIDER; MAJNEMER; DARSAKLIS, 2010). Esses aspectos fazem o Nintendo® Wii ser útil como um recurso de realidade virtual para intervenções motoras em crianças com TDC.

Contudo, até o momento, há escassas evidências na literatura sobre comparações entre os benefícios do treinamento com realidade virtual, como o *Nintendo® Wii*, e intervenções convencionais, como àquelas sem o uso do Wii (FERGUSON *et al.*, 2013; JELSMA *et al.*, 2014; VENETSANOOU *et al.*, 2011).

Os poucos estudos compararam intervenções com e sem realidade virtual para crianças com TDC e essas pesquisas ainda mostram limitações sobre as evidências fornecidas pelas intervenções com realidade virtual (ASHKENAZI, TAL *et al.*, 2013; FERGUSON *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014; MOMBARG; JELSMA; HARTMAN, 2013; STRAKER, L. *et al.*, 2015). Além disso, não está claro se um tipo de intervenção oferece ganhos superiores ao outro devido às limitações dos escassos estudos publicados. Baseado em uma recente revisão sistemática realizada por Hickman *et al.* (HICKMAN *et al.*, 2017) evidências de vantagens obtidas pela intervenção com realidade virtual para crianças com TDC não são consistentes em relação à terapia convencional. Os autores argumentaram que, devido à heterogeneidade dos instrumentos de avaliação e resultados, comparações adequadas não foram possíveis. Comparações mais justas entre a realidade virtual e as intervenções convencionais (sem realidade virtual) podem ser realizadas por meio de protocolos com atividades similares e pareadas e que treinem a ação motora alvo avaliada.

Essas limitações das abordagens apresentadas dificultam uma conclusão bem informada sobre se o treino com realidade virtual é mais eficaz do que o treino convencional

para crianças com TDC. Neste estudo, nós apresentamos um protocolo de ensaio clínico randomizado para comparar sistematicamente dois programas de intervenção motora (com e sem o uso do *Nintendo® Wii* no desempenho motor e aprendizagem motora em crianças com TDC.

## **Métodos**

### Desenho e características gerais

O protocolo consistiu de um ensaio clínico, randomizado controlado, cego com dois braços: treino com Wii e treino convencional sem o Wii. Os terapeutas passarão por treinamento instrucional para se familiarizarem com todas as atividades do protocolo, bem como com o sistema de pontuação de cada jogo. O treinamento instrucional ocorrerá um mês antes do início do estudo, que tem duração total de 8 horas, sendo 2 horas semanais. Haverá diferentes terapeutas em cada um dos dois protocolos de intervenção, profissionais das áreas de Fisioterapia, Educação Física e Terapia Ocupacional serão cegos quanto aos dados de avaliação das crianças. As crianças que preencherem os critérios de inclusão do estudo serão alocadas aleatoriamente por sorteio em um dos dois grupos de intervenção. O fluxograma dos sujeitos que serão alocados no estudo é mostrado na Figura 1.

### População do estudo

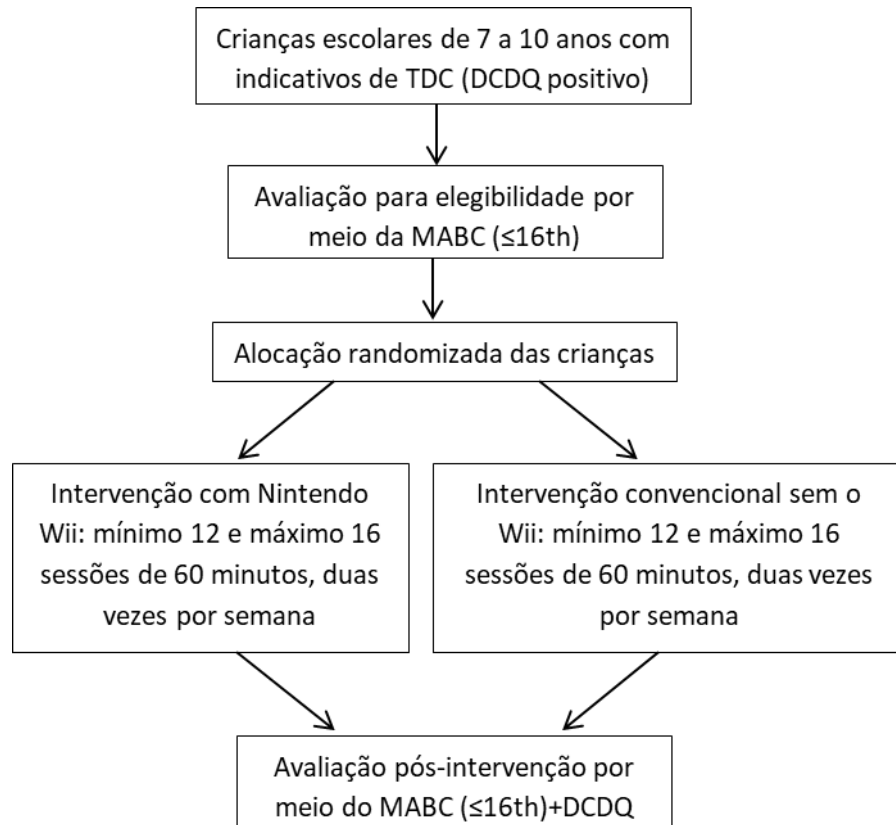
Os participantes serão crianças de 7 a 10 anos de idade, diagnosticadas com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. Eles serão recrutados em escolas públicas e privadas do ensino fundamental na cidade de São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil. O diagnóstico das crianças é baseado nos critérios do DSM-V (“American Psychiatric Association”, 2013) para TDC:

Critério A – Crianças exibindo desempenho motor considerado baixo para a faixa etária e para as condições de oportunidade de prática. A Movement Assessment Battery for Children – Second Edition (MABC-2) será utilizada para a avaliação do desempenho motor das crianças (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007). As crianças serão alocadas na Zona Laranja para TDC com uma pontuação total percentual  $\leq 16$ , ou na Zona Vermelha com uma pontuação total percentual  $\leq 5$ , para serem incluídas no estudo.

Critério B – O limitado desempenho motor das crianças interfere significativamente na vida cotidiana, vida escolar e atividades de lazer. O Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ – versão Brasileira) (PRADO; MAGALHÃES; WILSON, 2009) será utilizado para avaliar, segundo a perspectiva dos pais/cuidadores, sobre a perda da vida funcional das crianças. Além disso, serão realizadas entrevistas diretas com os pais/responsáveis das crianças para o registro de informações referentes a rotina das crianças.

Critério C – Os sintomas apareceram nos estágios iniciais de desenvolvimento das crianças. Entrevistas diretas com os pais/cuidadores serão realizadas para verificar tais características.

Critério D – As limitações motoras apresentadas pelas crianças não provêm de deficiência intelectual ou visual, nem por condições neurológicas como paralisia cerebral, distrofia ou qualquer doença degenerativa. A fim de eliminar essas condições associadas, os dados escolares sobre as crianças serão avaliados, os professores serão entrevistados e também os fisioterapeutas oferecerão avaliações a fim de eliminar qualquer sinal das condições neurológicas mencionadas.



**Fig. 1** Fluxograma de inclusão dos participantes

### Intervenções

Ambos os protocolos de intervenção são baseados nos domínios da Movement Assessment Battery for Children – Second edition (MABC-2): Destreza Manual, Alvo & Precisão, e Equilíbrio. Foram utilizados seis jogos/atividades para o *Nintendo Wii* e seis atividades compatíveis selecionadas para a intervenção sem o *Wii*. A primeira razão para selecionar essas seis atividades é que elas abordam possíveis melhorias nas habilidades-alvo para a avaliação padrão para crianças com TDC. A segunda razão foi tornar os jogos/atividades o mais próximo possível daqueles necessários para avaliação da MABC-2 em termos de padrão de movimento.



Cada jogo/atividade será executado por 7 minutos e um total de 42 minutos serão gastos nas seis atividades. Como o objetivo de trocar materiais e equipamentos de um jogo para o outro, será permitido completar o tempo total de 60 minutos por sessão.

As sessões de ambos os protocolos serão realizadas duas vezes por semana, com duração de 60 minutos por sessão, e com um mínimo de 12 e um máximo de 16 sessões de treino no total. A primeira sessão irá familiarizar as crianças com os jogos/atividades. A segunda sessão consiste do pré-teste e a última sessão o pós-teste para o desfecho aprendizagem motora. O número de erros, acertos e respectivas pontuações serão contabilizadas em cada jogo/atividade. As pontuações pré e pós-testes de cada condição de treinamento serão comparadas. Cada um dos protocolos possui seis atividades. Para o protocolo com o *Wii*, os jogos existentes serão usados e para o protocolo sem o *Wii* serão utilizadas atividades de ‘vida real’, que visam os mesmos domínios das atividades selecionadas no *Wii*.

A pontuação total de cada sessão será a soma dos pontos obtidos em todas as tentativas realizadas. A sequência dos jogos será randomizada, com uma seleção entre 16 combinações possíveis, considerando duas atividades para o mesmo domínio em sequência em todas essas combinações (Tabela 1).

**Tabela 1** Sequência de atividades do protocolo de intervenção

Número da sessão	Atividade 1	Atividade 2	Atividade 3	Atividade 4	Atividade 5	Atividade 6
1	Arco e Flecha	Boliche	Frisbee	Tênis de mesa	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk
2	Arco e Flecha	Boliche	Balance disc/Marble e Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Frisbee	Tênis de mesa
3	Tênis de mesa	Frisbee	Boliche	Arco e Flecha	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk
4	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Tênis de mesa	Frisbee	Arco e Flecha	Boliche

5	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Frisbee	Tênis de mesa	Boliche	Arco e Flecha
6	Tênis de mesa	Frisbee	Arco e Flecha	Boliche	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Disco de equilíbrio/Marble Balance
7	Arco e Flecha	Boliche	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Tênis de mesa	Frisbee
8	Arco e Flecha	Boliche	Tênis de mesa	Frisbee	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk
9	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Frisbee	Tênis de mesa	Boliche	Arco e Flecha
10	Frisbee	Tênis de mesa	Arco e Flecha	Boliche	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk
11	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Arco e Flecha	Boliche	Tênis de mesa	Frisbee
12	Boliche	Arco e Flecha	Frisbee	Tênis de mesa	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk
13	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Boliche	Arco e Flecha	Frisbee	Tênis de mesa
14	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Boliche	Arco e Flecha	Frisbee	Tênis de mesa
15	Boliche	Arco e Flecha	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk	Frisbee	Tênis de mesa
16	Frisbee	Tênis de mesa	Boliche	Arco e Flecha	Disco de equilíbrio/Marble Balance	Traves de equilíbrio/Tightrope walk

### Protocolo Experimental com Wii

Este protocolo foi baseado em atividades percepto-motoras, consistindo de atividades e jogos baseados na realidade virtual, com base nos recursos do Nintendo® Wii: o controle Wiimote e a plataforma Wii Balance Board (WBB), que se comunicam via bluetooth. As atividades deste treinamento estão detalhadas abaixo:

**Tabela 2** Atividades do treinamento com Wii e os três domínios

<b>Destreza Manual</b>	<b>Alvo &amp; Precisão</b>	<b>Equilíbrio</b>
Frisbee	Boliche	Tightrope walk
Tênis de mesa	Arco e flecha	Marble Balance

*Frisbee*

Essa atividade será desenvolvida com o controle *Wiimote*, que será fixado no punho da criança. A mesma deverá estar em um espaço de 1.10m<sup>2</sup> a uma distância de 2 metros da televisão, onde o *Nintendo Wii* será instalado. A criança deverá realizar a ação de arremessar o Frisbee virtual, tentando acertar o objeto na área de pontuação projetada.

A criança deverá ser estimulada a fazer o máximo de arremessos possível no tempo de 7 minutos, visando atingir os campos que valem 10, 50 e 100 pontos. Cada vez que o Frisbee atingir esses espaços será considerado um acerto e cada vez que o Frisbee cair fora desses campos é contabilizado como erro. A pontuação obtida no jogo terá como base o somatório de todos os arremessos que atingirem a zona de pontuação durante o tempo de 7 minutos em cada sessão.

## Tênis de mesa

Esta atividade será desenvolvida com o controle *Wiimote*, que será fixado no punho da criança. A criança deverá ser estimulada a usar o controle como se fosse a raquete do tênis de mesa para poder sacar, bater e rebater as bolinhas de tênis, tentando marcar mais pontos que seu adversário (oponente virtual escolhido pela máquina). Cada partida será finalizada automaticamente pela máquina, quando um dos primeiros jogadores marcar oito pontos. Cada ponto realizado pela criança será considerado um acerto e cada ponto realizado pelo oponente (máquina) será considerado um erro. Ao longo dos 7 minutos a criança deverá jogar o máximo de partidas possível e marcar o maior número de pontos que conseguir.

## Boliche

Esta atividade será desenvolvida com o controle Wiimote, que ficará preso no punho da criança. A criança deverá usar o Wiimote simbolizando a bola do boliche e realizar os arremessos, com a finalidade de derrubar a maior quantidade de pinos possível. Serão realizados nove blocos de duas tentativas e o décimo bloco de três tentativas. Ao final do décimo bloco, a criança deverá começar um novo bloco de duas tentativas, até que o tempo de 7 minutos se encerre. Cada arremesso com pinos derrubados será considerado um acerto, enquanto que cada arremesso sem pinos derrubados será considerado um erro. Se a criança derrubar todos os 10 pinos de uma só vez será considerado um Striker e a pontuação da próxima jogada será dobrada, enquanto que se a criança derrubar todos os 10 pinos em dois arremessos (1º a 9º blocos) ou três arremessos (10º blocos) será considerada um Semi-Striker, recebendo a mais a metade da pontuação que conseguir no arremesso seguinte.

## Arco e flecha

Esta atividade será desenvolvida com o controle Wiimote, que será fixado no punho da criança. O movimento a ser realizado com o Wiimote deverá simbolizar a ação de um arco movimentando a flecha para atingir o alvo. O alvo possui diferentes áreas de pontuações, que variam de 1 a 10 pontos. A criança, na figura do avatar, deverá passar por três fases do jogo no nível iniciante, cada fase em um cenário e com distâncias diferentes (10m, 25m e 35m) entre o avatar e o alvo. A cada três flechas arremessadas, o avatar partirá para a fase sequencial, com uma distância maior. Ao término das tentativas das três fases, a criança retornará para a fase inicial e continuará realizando novas tentativas até que o tempo de 7 minutos se encerre. Cada flecha arremessada e fixada no alvo será considerada um acerto e cada flecha arremessada fora do alvo será considerado um erro. A pontuação total da criança

durante cada sessão será o somatório dos pontos obtidos em todas as tentativas no tempo de 7 minutos.

### *Tightrope walk*

Esta atividade será desenvolvida com o equipamento Wii balance board (Fig.7), que ficará fixo no chão em um espaço de 1.10m<sup>2</sup> a 2 metros de distância do aparelho de TV. A criança deverá subir com os dois pés no aparelho e executar a ação do jogo, que consiste em simbolizar uma caminhada sobre uma corda bamba de 35m de comprimento no topo de prédios. Como forma de equalizar as pontuações, o comprimento total da corda foi dividido em três partes, sendo 12 metros cada um dos primeiros terços e o último 11 metros. O movimento básico que a criança deverá fazer é erguer alternadamente os pés, movimentando o tronco para os lados para que o avatar mantenha o equilíbrio ao passo que caminha sobre a corda. A cada terço da corda percorrido sem queda será considerado um acerto, enquanto quedas do avatar em percursos inferiores a 12 ou 11 metros serão considerados erros. Os primeiros 12 metros percorridos valerão 15 pontos, os 12 metros intermediários percorridos valerão 20 pontos, e por fim os últimos 11 metros percorridos valerão 10 pontos. A criança poderá realizar quantas tentativas forem possíveis no tempo de 7 minutos.

### *Marble Balance*

Esta atividade será desenvolvida com o aparelho Wii Balance board, que será fixado no chão, similarmente ao que foi descrito na atividade Tightrope walk. A criança deverá movimentar o tronco para diferentes posições tentando acertar as bolas nos buracos presentes na plataforma virtual, que a todo tempo estará girando e promovendo maior desequilíbrio e dificuldade no jogo. Cada bola que cair fora da plataforma virtual será considerado um erro e cada bola que cair dentro dos respectivos buracos da plataforma será considerado um acerto.

Ao passo que as bolas se esgotarem, a criança passará para uma nova plataforma, com mais bolas a serem inseridas nos buracos presentes na plataforma. A pontuação será calculada pelo próprio Nintendo Wii a partir do desempenho do avatar, comandado pela criança ao longo dos 7 minutos.

#### Protocolo experimental sem o *Wii*

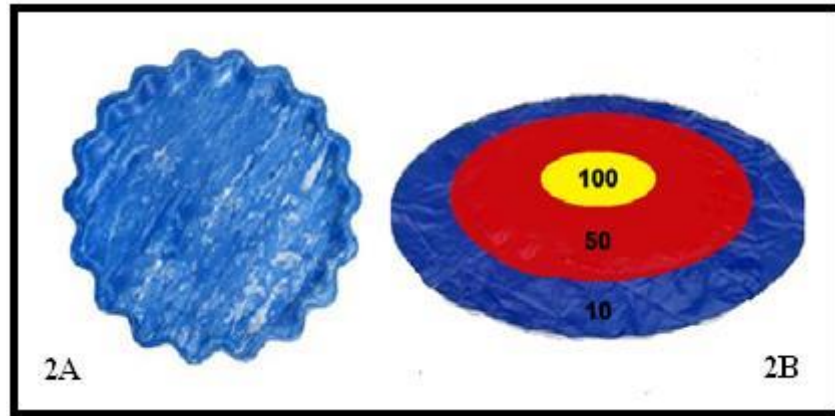
Este protocolo foi baseado na proposta de cunho percepto-motora, sendo denominada Intervenção sem o *Wii*. O protocolo de treino está detalhado na tabela abaixo:

**Tabela 3** Atividades do protocolo experimental sem o *Wii*

<b>Destreza Manual</b>	<b>Alvo &amp; Precisão</b>	<b>Equilíbrio</b>
<i>Frisbee</i>	Boliche	Disco de equilíbrio
Tênis de mesa	Arco e flecha	Traves de equilíbrio

#### *Frisbee*

O jogo do *Frisbee* consiste em arremessar o disco de isopor com 24cm de circunferência (Fig.2A) a uma distância de 4 metros em um alvo de papelão com circunferência de 2,82 metros (Fig.2B). O alvo deverá ficar fixo no chão, e o mesmo deve apresentar três diferentes zonas de pontuação (10, 50 e 100 pontos). A criança deverá ser estimulada a fazer o máximo de arremessos possível no tempo de 7 minutos, visando atingir as zonas de pontuação do alvo. Cada vez que o *Frisbee* atingir parcial ou totalmente o alvo será considerado um acerto e cada vez que o *Frisbee* atingir qualquer área fora do alvo é contabilizado como erro. A pontuação obtida no jogo terá como base o somatório de todos os arremessos que atingirem a zona de pontuação durante o tempo de 7 minutos em cada sessão.



**Fig.2A** Frisbee; **Fig.2B** Alvo do Frisbee

#### Tênis de mesa

O jogo de tênis de mesa será desenvolvido com um dos lados da mesa elevado, tornando-se uma parede para que a criança possa lançar e rebater a bola de tênis com sua raquete (Fig.3). O objetivo dessa proposta é permitir o jogo individual de tênis e melhor controlar o número de erros e acertos no jogo. A pontuação será baseada no número de acertos no jogo ao longo dos 7 minutos previsto para a execução do mesmo em cada sessão de intervenção. O acerto nesta atividade consiste em a bola tocar a parte elevada da mesa tênis, tendo feito um toque prévio da bola na parte horizontalizada, retornando para esta parte. A cada movimento dessa natureza será marcado 1 ponto para a criança no jogo. A cada bola enviada para fora da área do jogo, toques múltiplos da bola na parte horizontalizada ou falha no saque ou recepção da bola será contabilizado com erro no jogo.



**Fig. 3** Mesa do tênis de mesa

### Boliche

O jogo de boliche será desenvolvido com 10 garrafas pet, contendo 600 ml de água em cada uma delas (Fig.4). As garrafas serão posicionadas a uma distância de 4,83 metros para crianças de 7 a 8 anos e a uma distância de 6,03 metros para crianças de 9 e 10 anos. O objetivo da atividade é a criança lançar uma bola de *medicine ball* de  $\frac{1}{2}$  quilo em direção as garrafas e tentar derrubar o máximo de garrafas possível por vez (Fig.4).

Similarmente ao boliche convencional, a criança terá direito a duas jogadas a cada bloco de tentativa, sendo que no décimo bloco a criança terá direito a três jogadas. As garrafas derrubadas na primeira jogada de cada bloco somente serão recolocadas após a criança terminar o arremesso com a bola na segunda tentativa ou na terceira tentativa (quando se tratar do décimo bloco). Cada garrafa derrubada equivale a um ponto. Arremessos que não derrubarem as garrafas serão pontuados como zero, e serão considerados erros. Enquanto que arremessos que derrubarem as garrafas serão considerados como acertos na atividade.

Caso a criança acerte todas as garrafas de uma só vez, será pontuada com Striker, dobrando a pontuação do arremesso seguinte. Caso a criança acerte todas as garrafas nas duas



tentativas de um bloco ou nas três tentativas do décimo bloco será pontuada com Semi-striker, recebendo a mais a metade da pontuação que conseguir no arremesso seguinte.



**Fig. 4** Garrafas PET na área de alvo do boliche.

#### Arco e Flecha

Esta atividade será desenvolvida com um jogo de arco e flecha comercial de plástico (Fig.5A), contendo um arco de 62cm de comprimento e três flechas de 41cm de comprimento, cada. As flechas possuem ventosas, que se fixam ao alvo (Fig.5B), podendo atribuir as respectivas pontuações que a criança fizer durante o jogo. Será utilizado um alvo de madeira, com superfície de plástico, aderente às ventosas das flechas. O alvo possui uma circunferência de 41cm e será fixado na parede com um cordão regulável de 120cm de comprimento, de frente para criança, na altura de seu campo visual. O alvo ficará fixado na parede a uma distância de 2,30m para crianças de 7 e 8 anos e a uma distância de 2,97m para crianças de 9 e 10 anos. Cada flecha que atingir e se fixar na área de pontuação do alvo será considerada um acerto e cada flecha que não se fixar na área de pontuação do alvo será considerada um erro.

As pontuações serão baseadas na escala de pontuação presente no próprio alvo, que varia de 1 a 10 pontos.



**Fig.5A** Arco e Flecha; **Fig.5B** Alvo para arco e flecha

#### Disco de Equilíbrio

Esta atividade será realizada com um disco de equilíbrio, vinílico, com circunferência de 40cm (Fig.6). O disco será posicionado no chão e a criança deverá realizar 14 diferentes posturas de equilíbrio estático em cima do disco (Tabela 4). As posturas foram baseadas e adaptadas da Berg Balance Scale (BERG, 1992). Crianças de 7 e 8 anos deverão manter cada postura solicitada por 15 segundos, enquanto crianças de 9 e 10 anos deverão manter cada postura solicitada por 30 segundos. Cada postura realizada corretamente e no tempo devido será considerada um acerto. Enquanto que desequilíbrios, quedas, apoios de pés e/ou mãos no chão ou manutenção da postura por um tempo inferior ao determinado serão considerados erros. Em caso de erro, a criança deverá passar automaticamente para a próxima postura. Cada acerto será pontuado com 10 pontos e ao final das 14 posturas, caso haja tempo disponível, a criança deverá novamente repetir a sequência de movimentos até que o tempo se esgote.



**Fig.6** Disco de equilíbrio

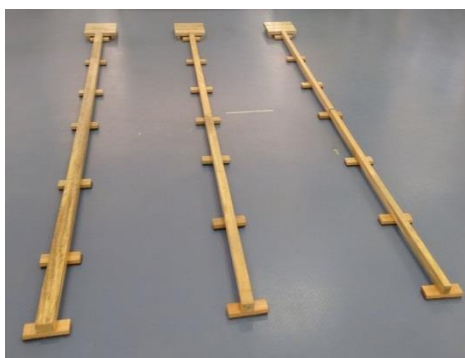
**Tabela 4** Sequência dos movimentos do Disco de equilíbrio

<b>SEQUÊNCIA DOS MOVIMENTOS – DISCO DE EQUILÍBRIO</b>
1 – Em pé, sem apoio, com pés afastados na largura dos ombros;
2 – Em pé, sem apoio, com pés juntos;
3 – Em pé, sem apoio, com pé preferencial no disco e o outro suspenso no ar (90 ° de flexão de joelho);
4 – Em pé, sem apoio, com pé não preferencial no disco e o outro suspenso no ar (90 ° de flexão de joelho);
5 – Em pé, sem apoio, com pé preferencial à frente;
6 – Em pé, sem apoio, com pé não preferencial à frente;
7 – Em pé, sem apoio, com a perna preferencial elevada à frente;
8 – Em pé, sem apoio, com a perna não preferencial à frente;
9 – Em pé, sem apoio, com a perna preferencial em abdução de quadril;
10 – Em pé, sem apoio, com a perna não preferencial em abdução de quadril;
11 – Em pé, sem apoio, com pés afastados na largura dos ombros, com flexão do tronco e braços à frente;
12 – Em pé, sem apoio, com pés juntos, com flexão do tronco e braços à frente;
13 – Em pé, sem apoio, com pés afastados na largura dos ombros e olhos fechados;
14 – Em pé, sem apoio, com pés juntos e olhos fechados;

#### Traves de Equilíbrio

Esta atividade será desenvolvida com três traves de madeira com 3m de comprimento e 3cm de altura cada uma delas, dispostas paralelamente ao chão (Fig.7). Cada trave possui uma largura diferente, o que permite distintos graus de dificuldades para as crianças. A trave com maior largura possui 6cm, a trave com largura intermediária possui 4,5cm e a trave com menor largura possui 3cm. No início de cada trave serão colocados três travessões de madeira,

de 15x1,5x5cm, distantes 50cm um do outro. A criança deverá se deslocar por cada uma das traves, na sequência da menos estreita para a mais estreita, colocando um pé por vez, de maneira que o calcanhar do pé da frente esteja próximo aos dedos do pé de trás. Cada trave percorrida corretamente será considerada um acerto e cada vez que a criança cair, apoiar as mãos na trave ou no chão, escorregar e perder o contato do pé com a trave, tocar o pé no solo ou não realizar as passadas com os pés próximos serão considerados erros. As pontuações para cada trave percorrida corretamente serão as seguintes: 10 pontos (trave de 6cm de largura), 15 pontos (trave de 4,5cm de largura) e 20 pontos (trave de 3cm de largura). A cada tentativa falha a criança deverá retornar ao início da respectiva trave onde ocorreu o erro e recomeçar o percurso. A criança somente passará para a trave seguinte quando fizer o deslocamento correto na trave anterior. Ao longo dos 7 minutos, a criança deverá realizar o máximo de deslocamentos possíveis nas traves.



**Fig.7** Traves de equilíbrio

#### Medidas de desfecho

Todos os testes serão aplicados por avaliadores treinados e cegos em relação à alocação das crianças nos grupos de intervenção. As medidas de pré-teste serão tomadas em até uma semana antes da criança iniciar o treinamento e as medidas de pós-teste serão tomadas em até uma semana após a criança finalizar o treinamento. Os avaliadores serão profissionais das áreas de Fisioterapia, Educação Física e Terapia Ocupacional, que receberão

treinamento para aplicação dos testes antes do início do estudo. Cada criança será avaliada pela mesma pessoa antes e após o treinamento.

#### Medida de Desfecho Primário – MABC-2

O desfecho primário do estudo é o desempenho motor das crianças por meio das pontuações da MABC-2, bem como as pontuações totais dos componentes motores Destreza Manual, Alvo & Precisão e Equilíbrio.

#### Medidas de Desfecho Secundárias

##### Aprendizagem motora

A aprendizagem motora das crianças será avaliada por meio da pontuação obtida nos jogos. Para tanto, serão somadas as pontuações de cada um dos seis jogos na segunda sessão (pré-teste) e as pontuações de cada um dos seis jogos na última sessão (pós-teste) para se ter a medida de aprendizagem motora geral da criança com o tratamento. Também serão contabilizadas as pontuações individuais de cada jogo e por domínio (destreza manual, alvo e precisão e equilíbrio), pré e pós-intervenção.

#### Sinais indicativos de TDC – Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ)

Será utilizado o DCDQ (PRADO; MAGALHÃES; WILSON, 2009) com os pais/responsáveis das crianças, que preencherão o questionário antes das crianças iniciarem o tratamento e também após o término do tratamento, visando verificar possíveis modificações da percepção dos pais em relação às características motoras da criança.

## Medidas Antropométricas

No mesmo dia da avaliação pré-teste do MABC-2, serão coletados dados antropométricos de Índice de Massa Corporal (IMC), Percentual de gordura corporal (%GC) e circunferência da cintura (CC) das crianças. Para o IMC serão feitas medidas de peso com a utilização de uma balança digital portátil W602 (WISO®) e de estatura com um estadiômetro portátil Wood (WCS®). O cálculo do IMC será feito por meio da relação Peso/Estatura (KEYS *et al.*, 1972). Para o cálculo do percentual de gordura corporal das crianças serão tomadas medidas de pregas cutâneas tricípital e subescapular por meio de um Adipômetro da marca Lange®. Já a medida de circunferência de cintura será tomada na região de menor ponto entre as últimas costelas e a cicatriz umbilical, com uma fita métrica da marca Sanny®. Todos os procedimentos de coleta de medidas antropométricas seguirão rigorosamente os preceitos das técnicas padronizadas pela literatura.

## Motivação com os jogos – Enjoyment Scale

Ao término da última sessão, a percepção de satisfação com cada uma das atividades e com a intervenção como um todo de cada criança será avaliada por meio da Enjoyment Scale. É uma escala que foi adaptada da versão original (JELSMA *et al.*, 2014) e traduzida para o português, e permite avaliar a satisfação/motivação que cada criança teve durante o período que participou das atividades. A pontuação da escala é atribuída por meio de *Smiley faces*, indo de 0 (is no fun at all) até 4 (is super fun). Com esta escala cada terapeuta poderá ter resultados diretos do impacto que as atividades e o tratamento como um todo proporcionaram a cada criança.

### Aprovação Ética

O respectivo projeto de pesquisa destes protocolos de intervenção foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil, com número CAEE de aprovação 47091115.0.0000.5504 e será conduzido em conformidade com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, Brasil e seguirá os princípios éticos da Declaração de Helsinque. Todos os pais/responsáveis assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e as crianças o Termo de Assentimento, tendo ciência dos objetivos e procedimentos de pesquisa e da participação voluntária na pesquisa. Este ensaio clínico está registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (REBEC), [www.ensaiosclinicos.gov.br](http://www.ensaiosclinicos.gov.br) (RBR-89YDGJ).

### Tamanho da amostra

O tamanho da amostra foi calculado tendo como base na literatura (FERGUSON *et al.*, 2013), que adotou a referência do Partial  $\eta^2$  de 0.22 e um tamanho de efeito de 0.86 para o desfecho total standard score do MABC-2. A partir desses dados, o tamanho da amostra foi baseado no intervalo de confiança de 95%, com um poder estatístico de 80% e um alfa de 5%. Dessa forma, serão necessárias 32 crianças no total, sendo 16 crianças no grupo de intervenção com realidade virtual e 16 crianças no grupo de intervenção sem realidade virtual.

### Randomização

A randomização das crianças será feita após a avaliação com a MABC-2, cujo ponto de corte será o escore total  $\leq 16$ . As crianças serão randomicamente distribuídas por sorteio em um dos dois grupos de intervenção, em até uma semana após a avaliação com a MABC-2. Caso o sorteio direcione uma sequência de quatro crianças para o mesmo grupo de tratamento,

automaticamente as próximas quatro crianças recrutadas serão alocadas no outro grupo de tratamento. Uma vez que a distribuição de blocos de quatro crianças se equalizar, um novo sorteio será feito para as próximas crianças serem randomicamente distribuídas.

### Cegamento

Os terapeutas serão cegos em relação aos dados de avaliação das crianças, bem como os avaliadores serão “cegos” sobre qual grupo de intervenção as crianças serão alocadas. Para tanto, o sorteio para randomização das crianças será feito por um profissional não envolvido com as avaliações e intervenções do projeto. As análises estatísticas serão realizadas de forma cega, tendo os nomes das crianças e os grupos de intervenção modificados por códigos nas planilhas de dados para análise estatística.

### Métodos Estatísticos

Inicialmente serão feitas análises descritivas, com distribuição de frequências relativas e absolutas, médias, desvios-padrão, medianas, moda, número mínimo e máximo objetivando caracterizar as crianças. Todos os dados serão tabulados no Pacote estatístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*®) versão 20.0 para Windows.

Posteriormente, serão feitas análises com testes de normalidade e homogeneidade das variâncias para em seguida serem utilizados testes de hipóteses para verificar o efeito das intervenções realizadas. Devido ao desenho do estudo, haverá dois grupos independentes e em cada um desses grupos haverá análise de comparações intragrupo, que constituem os resultados de avaliação do desempenho motor, aprendizagem motora e ainda comparações dessas avaliações intergrupos.

Para tanto, caso haja uma distribuição paramétrica, serão feitas análises por meio da ANOVA e ANCOVA, com correção de Bonferroni, tendo o desempenho motor e a



aprendizagem motora como variáveis dependentes e as intervenções realizadas e os grupos de comparação, como variáveis independentes do estudo.

Do contrário, caso haja uma distribuição não paramétrica, serão feitas análises de comparações intergrupos por meio do teste de *Mann-Whitney* e comparações intragrupo por meio do teste de *Wilcoxon*. Para todas as medidas será adotado o nível de significância  $p < 0,05$ . Para se verificar o tamanho do efeito das intervenções realizadas será aplicado  $d$  de Cohen, com os seguintes valores de referência:  $d=0.3$  indica um pequeno tamanho do efeito,  $d=0.5$  indica um moderado tamanho do efeito, enquanto  $d=0.8$  indica um grande tamanho do efeito (SULLIVAN; FEINN, 2012).

#### Organização do estudo

O presente estudo será desenvolvido no Departamento de Fisioterapia, da Universidade Federal de São Carlos (DFisio/UFSCar), na cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil. As Secretarias municipal e estadual de Educação de São Carlos serão parceiras deste projeto por autorizarem o acesso dos pesquisadores nas escolas, com o propósito de recrutar as crianças público-alvo deste estudo. Este estudo é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), com processo número 2015/24291-0.

#### **Discussão**

Este protocolo de estudo é pioneiro em testar a eficácia de duas propostas de intervenção motora, montadas a partir de critérios sistematizados (domínios do MABC-2), para crianças com TDC. Diversos estudos já comprovaram a eficácia de programas de intervenção baseados na realidade virtual para essas crianças (ASHKENAZI, T *et al.*, 2013; ASHKENAZI, TAL *et al.*, 2013; FERGUSON *et al.*, 2013; GONSALVES *et al.*, 2015; HAMMOND *et al.*, 2014; JELSMA *et al.*, 2014; MOMBARG; JELSMA; HARTMAN, 2013; O'BRIEN *et al.*, 2016;

SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015; SNAPP-CHILDS; MON-WILLIAMS; BINGHAM, 2013; STRAKER, L. *et al.*, 2015; STRAKER, L. M. *et al.*, 2011) mas a ausência de maiores sistematizações nos protocolos desses estudos tem sido um importante empecilho para profissionais e pesquisadores da área compreender com clareza o impacto dessas intervenções na funcionalidade dessas crianças.

São escassos os estudos comparando intervenções com realidade virtual versus intervenção convencional (ASHKENAZI, TAL *et al.*, 2013; FERGUSON *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014; STRAKER, L. *et al.*, 2015). Os resultados desses estudos tendem a apontar que mesmo com os benefícios da realidade virtual, intervenções convencionais parecem ser mais eficazes na melhoria do desempenho motor de crianças com TDC (ASHKENAZI, TAL *et al.*, 2013; FERGUSON *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014; STRAKER, L. *et al.*, 2015). Contudo, devido às limitações e divergências entre os protocolos adotados, tais resultados precisam ser interpretados com cautela. Assim, ao poder testar a eficácia de dois programas de intervenção, com e sem realidade virtual, montados de maneira semelhantes, com atividades e sistemas de pontuação similares, será possível ampliar as evidências sobre os benefícios no desempenho motor e demais desfechos, que um programa de intervenção possibilita em relação ao outro nessas crianças.

### **Financiamento**

Este estudo contou com o suporte da Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), com processo número 2015/24291-0.

### **Referências**

ADAMS, I. L. J. *et al.* Action planning and position sense in children with Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, v. 46, p. 196–208, 2016. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2016.01.006>>.

American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-5*. [S.l: s.n.]. Disponível em: <[dsm.psychiatryonline.org](http://dsm.psychiatryonline.org)>. , 2013

ASHKENAZI, T. *et al.* Effect of training children with Developmental Coordination Disorders in a virtual environment compared with a conventional environment. 2013

*International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*, p. 46–50, 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6662075>>.

ASHKENAZI, T. *et al.* Low-Cost Virtual Reality Intervention Program for Children With Developmental Coordination Disorder: A Pilot Feasibility Study. *Pediatric Physical Therapy*, v. 25, n. 4, p. 467–473, 2013.

BERG, K. Measuring balance in the elderly: Development and validation of an instrument. *Can J Public Health*, v. 83, n. AUGUST 1992, p. 1–130, 1992.

CAÇOLA, P. *et al.* Children with developmental coordination disorder demonstrate a spatial mismatch when estimating coincident-timing ability with tools. *Research in Developmental Disabilities*, v. 48, p. 124–131, 2016.

CAÇOLA, P. Physical and Mental Health of Children with Developmental Coordination Disorder. *Frontiers in Public Health*, v. 4, n. October, p. 1–6, 2016. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpubh.2016.00224/full>>.

FERGUSON, G. D. *et al.* The efficacy of two task-orientated interventions for children with Developmental Coordination Disorder: Neuromotor Task Training and Nintendo Wii Fit training. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 9, p. 2449–2461, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.007>>.

FONG, S. S. M. *et al.* Direction-specific impairment of stability limits and falls in children with developmental coordination disorder: Implications for rehabilitation. *Gait & Posture*, v. 43, p. 60–64, 2016.

GONSALVES, L. *et al.* Children with developmental coordination disorder play active virtual reality games differently than children with typical development. *Physical therapy*, v. 95, n. 3, p. 360–368, 2015.

HAMMOND, J. *et al.* An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties: A pilot study. *Child: Care, Health and Development*, v. 40, n. 2, p. 165–175, 2014.

HENDERSON, S. E.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. *Movement Assessment Battery for Children - Second Edition*. . London: Psychological Corporation. Disponível em: <<https://www.pearsonclinical.com/therapy/products/100000433/movement-assessment-battery-for-children-second-edition-movement-abc-2.html>>. , 2007

HICKMAN, R. *et al.* Use of active video gaming in children with neuromotor dysfunction: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 59, n. 9, p. 903–911, 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28542867>>.

JELSMA, D. *et al.* The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. *Human Movement Science*, v. 33, p. 404–418, fev. 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24444657>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

KASHIWAGI, M. *et al.* Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: a functional MRI study. *Neuroreport*, v. 20, n. 2, p. 1319–1324, 2009.

KEYS, A. *et al.* Indices of relative weight and obesity. *Journal of Chronic Diseases*, v. 25, n. 6–7, p. 329–343, 1972.

KWAN, M. Y. W. *et al.* Longitudinal examination of objectively-measured physical activity and sedentary time among children with and without significant movement impairments. *Human Movement Science*, v. 47, p. 159–165, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2016.03.004>>.

KWAN, M. Y. W. *et al.* Understanding physical activity and motivations for children with Developmental Coordination Disorder: An investigation using the Theory of Planned Behavior. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 11, p. 3691–3698, 2013.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.08.020>>.

LICARI, M. K. *et al.* Cortical functioning in children with developmental coordination disorder: a motor overflow study. *Experimental Brain Research*, v. 233, n. 6, p. 1703–1710, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00221-015-4243-7>>.

MOMBARG, R.; JELSMA, D.; HARTMAN, E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 9, p. 2996–3003, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.06.008>>.

O'BRIEN, K. M. *et al.* Randomised controlled trial of referral to a telephone-based weight management and healthy lifestyle programme for patients with knee osteoarthritis who are overweight or obese: a study protocol. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 6, n. 3, p. e010203, 2016. Disponível em: <<http://bmjopen.bmj.com/content/6/3/e010203.abstract>>.

PRADO, M.; MAGALHÃES, L.; WILSON, B. Cross-cultural adaptation of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire for brazilian children. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 13, n. 3, p. 236–243, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-35552009000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552009000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=en)>.

QUERNE, L. *et al.* Dysfunction of the attentional brain network in children with Developmental Coordination Disorder: A fMRI study. *Brain Research*, v. 1244, p. 89–102, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2008.07.066>>.

RAHMAN, S. A.; RAHMAN, A.; SHAHEEN, A. A. Virtual Reality Use in Motor Rehabilitation of Neurological Disorders: A Systematic Review Department of Physical Therapy for Disturbances of Growth and Development in. *Middle-East Journal of Scientific*

*Research*, v. 7, n. 1, p. 63–70, 2011. Disponível em:

<<https://pdfs.semanticscholar.org/5d8e/0b7b381f65f144f5415d4f4494c095ad3ee8.pdf>>.

Acesso em: 3 dez. 2017.

SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. *et al.* Motor Learning: An Analysis of 100 Trials of a Ski Slalom Game in Children with and without Developmental Coordination Disorder. *PLOS ONE*, v. 10, n. 10, p. e0140470, out. 2015. Disponível em:

<<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0140470>>.

SNAPP-CHILDS, W.; MON-WILLIAMS, M.; BINGHAM, G. P. A sensorimotor approach to the training of manual actions in children with developmental coordination disorder.

*Journal of child neurology*, v. 28, n. 2, p. 204–12, 2013. Disponível em:

<<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3695700&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>.

SNIDER, L.; MAJNEMER, A.; DARSAKLIS, V. Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Developmental neurorehabilitation*, v. 13, n. 2, p. 120–128, 2010.

STRAKER, L. *et al.* A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, v. 42, p. 146–160, 2015.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2015.04.011>>.

STRAKER, L. M. *et al.* Rationale, design and methods for a randomised and controlled trial of the impact of virtual reality games on motor competence, physical activity, and mental health in children with developmental coordination disorder. *BMC Public Health*, v. 11, n. 1, p. 654, 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21851587>>.

SULLIVAN, G. M.; FEINN, R. Using Effect Size - or Why the P Value Is Not Enough.

*Journal of graduate medical education*, v. 4, n. 3, p. 279–82, 2012. Disponível em:

<<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3444174&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>.

SYLVESTRE, A. *et al.* Social participation by children with developmental coordination disorder compared to their peers. *Disability and rehabilitation*, v. 35, n. 21, p. 1814–20, 2013.

Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23600713>>.

VENETSANO, F. *et al.* Can the Movement Assessment Battery for Children-Test be the “gold standard” for the motor assessment of children with Developmental Coordination Disorder? *Research in Developmental Disabilities*, v. 32, n. 1, p. 1–10, 2011.

WADE, M. G.; KAZECK, M. Developmental coordination disorder and its cause: The road less travelled. *Human Movement Science*, v. S0167-9457, n. 16, p. 30108–7, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2016.08.004>>.

WANG, T.-N. . *et al.* Functional performance of children with developmental coordination disorder at home and at school. *Developmental Medicine and Child Neurology*, v. 51, n. 10, p. 817–825, 2009. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-70349563766&partnerID=40&md5=2698c61b3e3cd7e5c1804bb0ef1da38e>>.

WEISS, P. L. *et al.* Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, v. 1, n. 1, p. 12, 2004.

ZWICKER, J. G.; MISSIUNA, C.; BOYD, L. A. Neural Correlates of Developmental Coordination Disorder: A Review of Hypotheses. *Journal of Child Neurology*, v. 24, n. 10, p. 1273–1281, 17 out. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19687388>>.

Acesso em: 3 dez. 2017.

**6. ESTUDO IV**

*(versão em português do artigo submetido à revista em língua inglesa)*

A intervenção motora baseada no Wii é melhor que uma pareada intervenção de tarefa específica para crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação? Um ensaio controlado-randomizado

Autores: Jorge Lopes Cavalcante Neto, Bert Steenbergen, Peter Wilson, Antonio Roberto Zamunér e Eloisa Tudella

Periódico: Manuscrito aceito para publicação na Disability and Rehabilitation (JCR: 2.042)

---



## Resumo

**Objetivo:** Avaliar em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação os efeitos do treinamento com Wii comparado ao treinamento de tarefa específica sem o Wii, pareados por objetivos das tarefas.

**Material e Métodos:** Um ensaio randomizado controlado envolvendo 32 crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação na faixa etária de 7 a 10 anos foi conduzido. As crianças foram randomicamente distribuídas no Wii ou no treinamento de tarefa específica. Ambas intervenções consistiram de 16 sessões de 60 minutos ao longo de um período de oito semanas. O desfecho primário foi o desempenho motor, avaliado pela Movement Assessment Battery for Children-2, administrada por acessores cegos; as medidas incluíram as pontuações totais padronizadas, e as pontuações dos componentes destreza manual, alvo/precisão e equilíbrio.

**Resultados:** Os valores do pós-teste atestaram melhorias significativas para ambos os grupos na pontuação total padronizada e no equilíbrio após intervenção. O grupo de intervenção Wii também melhorou a destreza manual. Nenhum grupo melhorou significativamente o componente alvo/precisão.

**Conclusão:** Ambos grupos Wii e treinamento de tarefa específica melhoraram o desempenho motor geral e o equilíbrio. Para os outros domínios de habilidades motoras, os efeitos do tratamento diferiram entre os grupos: o treinamento de tarefa específica teve efeito mais pronunciado no componente equilíbrio, enquanto o treinamento com Wii teve discretamente um efeito mais forte de tratamento do que o treinamento de tarefa específica na destreza manual. Em conjunto, o treinamento de tarefa específica parece possibilitar benefícios mais fortes para habilidades motoras gerais do que o treinamento baseado no Wii. Se o treinamento com Wii pode promover benefícios clinicamente significativos para as funções dos membros superiores continua sem uma resposta definitiva.

**Palavras-chave:** Transtornos das habilidades motoras; Realidade virtual; Reabilitação; Terapia inovativa; Desempenho motor.

## 1. Introdução

Crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC) apresentam dificuldades na aprendizagem de habilidades de movimentos apesar de similares oportunidades de prática de seus pares (“American Psychiatric Association”, 2013). Ao longo do tempo, esses problemas nas habilidades podem ser exacerbados pelo fato que crianças com TDC frequentemente evitam a participação em jogos ou esportes (CAIRNEY *et al.*, 2005). O desenvolvimento e avaliação de novos métodos que possam engajar crianças nas atividades, tornam o treinamento motor essencialmente importante.

Recomendações para prática clínica da European Academy for Childhood Disability (EACD) destacam a importância de crianças com TDC receberem intervenções apropriadas para melhorar suas habilidades motoras e aumentar os benefícios que a aprendizagem conferem a autoestima e ao bem estar (BLANK *et al.*, 2012). Atividades estritamente estruturadas e repetitivas na reabilitação tradicional podem desmotivar e dificultar a adesão dessas crianças, o que destaca a necessidade de novas abordagens que possam engajar a participação, manter as exigências de esforço e permitir o progresso das habilidades (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2018).

*Video games ativos* (VGAs) or exergaming tem sido constantemente usados para TDC na prática clínica (HICKMAN *et al.*, 2017). Em contraste aos jogos eletrônicos tradicionais (sedentários), VGAs envolvem movimentos corporais de ampla escala em um ambiente interativo (HOWIE *et al.*, 2017). As vantagens dos VGAs têm sido bem documentadas na literatura (BONNEY *et al.*, 2017; SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015) e incluem: níveis

elevados de engajamento e uma terapia de satisfação; a disponibilidade de *feedback* imediato; alto número de repetições de movimento por sessão; controle dos parâmetros da tarefa; habilidade para mensurar a dificuldade da tarefa, e a segurança no espaço de prática (RAHMAN; SHAHEEN, 2011; WILSON *et al.*, 2017).

Uma das mais comuns abordagens terapêuticas com jogos de VGAs é o *Nintendo Wii* (HICKMAN *et al.*, 2017), com diversos estudos mostrando efeitos positivos no desempenho motor no TDC (JELSMA *et al.*, 2014, 2015; MOMBARG; JELSMA; HARTMAN, 2013; SMITS-ENGELSMAN; JELSMA; FERGUSON, 2017). O *Nintendo Wii* é um sistema de realidade virtual (RV) baseado na captura de movimentos dos membros via um controle manual ou uma prancha de equilíbrio (<http://www.nintendo.co.uk>), e usa o comando de entrada para controlar um avatar dentro do ambiente de jogo de realidade virtual. A prancha de equilíbrio pode traduzir movimentos medial-lateral e anterior-posterior em mudanças sutis do centro de pressão que são usados como comando de entrada (CLARK *et al.*, 2010); tais movimentos são movimentos comumente foco da reabilitação motora (LEVAC *et al.*, 2010; MICHALSKI *et al.*, 2012).

Em uma revisão sistemática de Smits-Engelsman *et al.* (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2018), VGAs foram avaliados em sete estudos e mostraram moderado efeito de treinamento para habilidades motoras no TDC, particularmente para o equilíbrio onde a plataforma de equilíbrio do *WiiFit* esteve envolvida. Todos os VGAs foram de marcas comerciais incluindo o *Nintendo Wii*, Sony Eye Toy e Playstation, e Microsoft Xbox360. De forma importante, entretanto, apenas um estudo comparou VGA (treinamento com *Wii*) a uma outra forma de treinamento (neste caso o treinamento de tarefa neuromotora (NTT); (FERGUSON *et al.*, 2013). NTT envolveu pequenos grupos engajados em várias atividades que foram toleradas às metas expressas das crianças. Ferguson *et al.* (FERGUSON *et al.*, 2013) mostraram forte efeito para NTT relativo o treinamento baseado no *Wii* que envolveu ambas atividades de

membros superiores e equilíbrio ( $d = 1.86$ ); diferenças foram maiores no equilíbrio e destreza manual. Por meio dos estudos, diferenças entre sistemas específicos avaliados de VGA e as condições controle, tornaram difícil delinear conclusões sobre os benefícios relativos dos VGAs nas habilidades de movimento comparado com o treinamento de tarefa específica convencional, tendo este último uma base empírica mais sólida. Com a ausência de dados desta natureza, é prematuro prescrever (comerciais) VGAs como opções viáveis e efetivas quando os benefícios do treinamento orientado à tarefa (TOT) podem ultrapassar os VGAs diante de doses comparativas. Enquanto o treinamento orientado a tarefa visa o desenvolvimento funcional específico ou outras habilidades através de tarefas direcionadas a metas (HUBBARD *et al.*, 2009), o treinamento com Wii simula o desempenho de habilidades esportivas em um ambiente virtual usando interfaces tangíveis, como o controle Wiimote ou a prancha de equilíbrio *WiiFit*, tarefas originalmente desenvolvidas para o entretenimento (TSEKLEVES *et al.*, 2014).

O objetivo geral deste estudo foi comparar a eficácia relativa do treinamento com Wii e (sem Wii) treinamento de tarefa específica (TST) nas habilidades de movimento pelo pareamento dos tipos de atividades motoras selecionadas para intervenção (CAVALCANTE NETO; STEENBERGEN; TUDELLA, [S.d.]). Para ambos os protocolos Wii e TST, as tarefas de treinamento foram pareadas entre os domínios de membros superiores e membros inferiores/equilíbrio (HERRMANN; SEELIG, 2016; LOPES; SARAIVA; RODRIGUES, 2016). Nós hipotetizamos benefícios significativos do treinamento para ambas as intervenções baseadas no Wii e TST nas habilidades de movimento (medidas pela pontuação total e sub-escalas da MABC-2). Entretanto, com base na evidência atual, (FERGUSON *et al.*, 2013) nós esperamos que o TST deva produzir benefícios mais fortes nas habilidades gerais de movimento, comparada com o treinamento com o Wii. Por fim, nós ainda predizemos que

essas diferenças entre os grupos devem estar presentes em todos os três domínios de desempenho – destreza manual, equilíbrio, e habilidades com bolas.

## **2. Material e Métodos**

### *2.1. Desenho*

Trata-se de um ensaio randomizado e controlado, aprovado pelo comitê de ética em pesquisas com seres humanos (Número do protocolo: 47091115.0.0000.5504). Todos os pais/responsáveis foram informados sobre os objetivos, benefícios, riscos, e procedimentos do estudo. O termo de consentimento livre e esclarecido foi obtido de todos os pais/responsáveis, e todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com a Declaração de Helsinki. Este estudo foi registrado na plataforma virtual Registro brasileiro de ensaios clínicos (Protocolo: RBR-89YDGJ).

### *2.2. Participantes e locais da pesquisa*

Os participantes elegíveis foram crianças com TDC, na faixa etária de sete a 10 anos, matriculadas em escolas públicas e privadas (ver Figura 1). A identificação do TDC foi baseada no Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais, quinta edição (DSM-5). Crianças com suspeita de problemas motores foram referidas no estudo como crianças com provável transtorno do desenvolvimento da coordenação e foram avaliadas usando ambos Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ) versão brasileira (PRADO; MAGALHÃES; WILSON, 2009) e MABC-2. O DCDQ foi preenchido pelos pais das crianças (critério B do DSM-V). O DCDQ tem 15 itens com respostas baseadas em escala Likert, com suspeita de TDC indicada pelos seguintes pontos de corte da pontuação total: <46 para crianças com idades entre cinco a sete anos; <55 para crianças com idades entre oito a

nove anos e onze meses; e <57 para crianças com idades entre 10 a 15 anos e seis meses (PRADO; MAGALHÃES; WILSON, 2009). Um questionário sociodemográfico foi também preenchido pelos pais.

Um avaliador, que foi cego em relação a randomização das crianças nos grupos de intervenção, administrou a MABC-2 (critério A do DSM-V). A classificação de TDC foi confirmada usando o ponto de corte  $\leq 16^{\circ}$  percentil, integrando ambos TDC moderado e severo (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2015). Os critérios C e D do DSM-V foram também confirmados pelos relatos dos pais por meio de entrevista.

Os critérios de exclusão foram a presença de deficiência física, intelectual ou sensorial, ou crianças com síndrome de Down, autismo, Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDAH) ou qualquer condição médica que afete o movimento. As crianças foram randomicamente alocadas em uma das duas condições de intervenção: intervenção com Wii ou TST. As intervenções foram realizadas nos espaços dos laboratórios do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, Brasil.

### 2.3. Aparatos

Para a intervenção com Wii foram usados o console do Nintendo® Wii e os acessórios Wiimote e Wii Balance Board, com um aparelho de TV de 40 polegadas da marca Sony®. Para a TST, foram usados os equipamentos de marcas comerciais arco e flecha de plástico, 10 pinos de boliche construídos com garrafas de plástico, Frisbee de isopor comercial, jogo de tênis de mesa oficial, traves de equilíbrio de madeira, e um disco de equilíbrio de plástico de marca comercial. Todos os nomes e especificações dos produtos foram descritas no estudo de protocolo (CAVALCANTE NETO; STEENBERGEN; TUDELLA, [S.d.]).

#### 2.4. Desfechos e Instrumentos

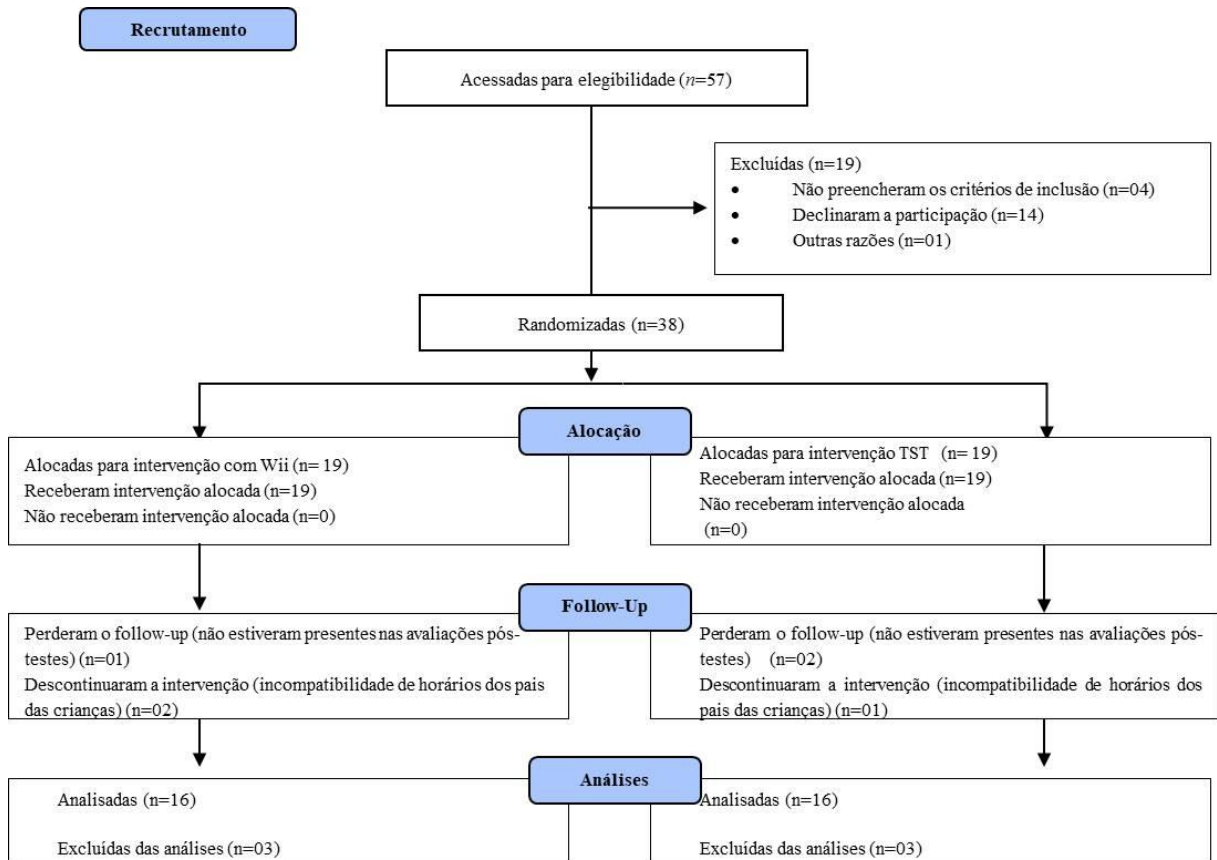
As habilidades motoras das crianças foram acessadas com a Movement Assessment Battery for children – 2ª edição (MABC-2). A MABC-2 apresenta uma boa confiabilidade teste-reteste ( $r = 0.75$ ) (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007) e razoável validade concorrente com o DCDQ ( $r = 0.55$ ) (WILSON *et al.*, 2009) independente da faixa etária. Além disso, a MABC-2 é o instrumento de avaliação preferido em recente consenso das recomendações de TDC (BLANK *et al.*, 2012) e comumente usada para mensurar a mudança no desempenho através da intervenção (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2018).

Os dados demográficos e biométricos das crianças (peso, estatura e índice de massa corporal (IMC)) foram mensurados de acordo com procedimentos padronizados (CONDE; MONTEIRO, 2006). IMC foi calculado pela fórmula  $\text{peso/estatura}^2$  (kg/m<sup>2</sup>).

#### 2.5. Alocação dos grupos

Trinta e oito crianças foram randomicamente alocadas, de forma secreta, em um dos dois grupos de intervenção. Cada criança então começou a intervenção dentro de uma semana após a avaliação motora com a MABC-2 (Pré-teste). Posteriormente, dentro de uma semana após a última sessão, cada criança foi reavaliada com a MABC-2 (Pós-teste). Três crianças não realizaram o número mínimo de sessões, e três outras realizaram o número mínimo de sessões, mas estiveram ausentes na avaliação pós-teste, tendo no total 32 crianças que completaram todas as sessões requeridas. Três avaliadores treinados (fisioterapeutas ou terapeutas ocupacionais) que foram cegados em relação ao grupo de alocação realizaram as avaliações pré e pós-teste por meio da MABC-2. Nove terapeutas treinados que foram cegados em relação às hipóteses do estudo (cinco para o grupo de intervenção do Wii e

quatro para o grupo de intervenção TST) administraram as intervenções. O processo de alocação está sumarizado na Figura 1.



**Figura 1.** Descrição do processo de recrutamento e randomização

## 2.6. Intervenções

Para ambas as intervenções com *Wii* e (sem *Wii*) TST, a escolha das tarefas foi baseada nos dois domínios de habilidades de movimento de membros superiores e membros inferiores/equilíbrio (HERRMANN; SEELIG, 2016; WEEDON *et al.*, 2018). Seis tarefas (quatro para membros superiores e duas para inferiores) foram primeiramente selecionadas para o treinamento *Wii* (ver abaixo para detalhes). As tarefas do TST foram então pareadas



para as metas das tarefas que foram simuladas nas tarefas do treinamento com Wii (ver Tabela 1); um preciso pareamento da forma do movimento (ou qualidade espaço-temporal) para cada tarefa foi proximamente dada, apenas para o tipo de interface usada no treinamento Wii.

***Cronograma do treinamento.*** Para cada sessão de 60-min, cada tarefa foi realizada por 7 min em uma ordem randomizada, dando 42 min de execução da tarefa durante o treinamento, previamente definida; 18 minutos foram dedicados a organização e transição entre as tarefas.

Cada intervenção foi composta por 16 sessões de treinamento, administradas em uma frequência de duas vezes por semana ao longo de oito semanas. Para o treinamento ficou estabelecido o cumprimento mínimo de 80% das sessões de intervenção.

Todas as sessões foram supervisionadas por pelo menos um terapeuta com experiência em reabilitação pediátrica. Antes dos programas de intervenção, todos os terapeutas foram submetidos a quatro semanas de treinamento para padronização do uso dos protocolos de intervenção e do fornecimento de *feedback* individual as crianças.

### *2.6.1. Intervenção com Wii*

O protocolo de intervenção com Wii foi composto por seis jogos de prateleira do Nintendo® Wii: Tênis de mesa, *Frisbee*, Arco e flecha e Boliche correspondentes aos domínios das habilidades de membros superiores; *Tightrope walk* e *Marble Balance* para os domínios das habilidades de membros inferiores/equilíbrio. As crianças realizaram todas as tarefas a partir da postura em pé em frente a tela de TV de 40 polegadas, com capacidade para realizar os movimentos requeridos dentro da área de captura dos sensores do Nintendo® Wii (1.10m<sup>2</sup>, em 2 metros de distância da tela da TV). Para os domínios das habilidades de membros superiores, as crianças usaram o controle *Wiimote*, enquanto nos domínios de membros

inferiores/equilíbrio eles usaram a prancha de equilíbrio ‘*balance board*’. Um avatar personalizado foi usado para cada criança.

### 2.6.2. *Treinamento de tarefa específica sem Wii*

O TST foi baseado nos princípios da abordagem orientada à tarefa, que objetiva desenvolver habilidades motoras específicas por meio de prática graduada daquelas mesmas habilidades em atividades significativas (MIYAHARA *et al.*, 2017). O TST foi baseado em tarefas que foram proximamente pareadas às metas das tarefas completadas no treinamento com Wii (ver Tabela 1). As tarefas do treinamento para o domínio de habilidades de membros superiores foram Tênis de mesa, *Frisbee*, Arco e flecha e Boliche. Para o domínio de habilidades de membros inferiores/equilíbrio, as tarefas foram traves de equilíbrio e disco de equilíbrio, correspondentes ao Tightrope walk e Marble Balance, respectivamente. Similar ao protocolo de intervenção com Wii, as crianças realizaram as tarefas do TST a partir da posição em pé em áreas específicas dedicadas na sala do laboratório onde ocorreram as sessões de intervenção.

**Tabela 1.** Tarefas realizadas nos protocolos de treinamento com Wii e de tarefa específica (TST)

Domínios das habilidades	Tarefas do Wii	Descrição	Tarefas do TST	Descrição
	Tênis de mesa	As crianças simularam os movimentos da raquete com o controle Wiimote. Um avatar automático foi usado como oponente nesta tarefa.	Tênis de mesa	As crianças jogaram a tarefa em uma mesa de tênis com a metade dobrada golpeando a bola com a raquete contra a parte vertical da mesa. As crianças foram instruídas a fazerem contato visual com a bola ao longo de todo o tempo da tarefa.
Domínio das habilidades de membros superiores	Frisbee	As crianças jogaram a tarefa em frente à TV simulando os movimentos do Frisbee pelo controle	Frisbee	As crianças foram instruídas a arremessarem o Frisbee na zona de maior pontuação disposta no chão a uma distância de 4 m.

	Arco e flecha	Wiimote. As crianças regularam o arco e jogaram as flechas nos alvos previstos no jogo com a utilização do controle Wiimote.	Arco e flecha	As crianças tinham como objetivo arremessar flechas em um alvo posicionado a uma distância de 2.3 m.
	Boliche	A bola de Boliche foi arremessada em direção aos pinos com a utilização do controle Wiimote.	Boliche	As crianças tinham como objetivo derrubar os 10 pinos (garrafas PET preenchidas com água) posicionadas a uma distância de 4.83 m.
Domínio de habilidades de membros inferiores/Equilíbrio	Tightrope Walk	Deslocamentos de cada lado do corpo da criança por meio de movimentos dos pés foram realizados, visando manter o avatar sobre a corda.	Traves de equilíbrio	As crianças caminharam sobre três traves de madeira (cada uma com 3 m de comprimento), mas com diferentes espessuras (3 cm, 4.5 cm e 6 cm), e com 3 cm de altura, posicionadas no chão. As crianças foram instruídas a caminharem sem tocar o chão.
	Marble Balance	As crianças moveram o corpo para frente, para trás e para os lados como forma de inserir as bolas em buracos específicos do jogo.	Disco de equilíbrio	As crianças realizaram 14 diferentes movimentos de equilíbrio em postura estática sobre o disco de equilíbrio por 15 segundos (crianças na faixa etária de 7-8 anos) ou 30 segundos cada (crianças na faixa etária de 9-10 anos) ao longo de um período de sete minutos.

Nota: Os detalhes e instruções completas podem ser encontrados em (CAVALCANTE NETO; STEENBERGEN; TUDELLA, [S.d.]) (submitted).

## 2.7. Análise de dados

A normalidade de todos os dados foi checada usando o teste de Shapiro-Wilk. As medidas de pré-teste (pontuações da MABC-2, peso, estatura, IMC e idade) foram comparadas entre os grupos de intervenção Wii e TST usando testes t independentes, e gênero usando o teste qui-quadrado. A homogeneidade das variâncias foi acessada por meio do teste de Levene. A análise dos efeitos do treinamento foi conduzida em duas partes. Primeira, as diferenças pré e pós-teste (em cada medida de desfecho) para cada grupo de tratamento foram analisadas usando testes t dependentes e a magnitude do efeito foi reportada por meio do *d* de Cohen. Segunda, mudanças nas pontuações pré e pós-testes foram determinadas para cada

criança e comparadas entre grupos usando testes t independentes; as magnitudes dos tamanhos de efeitos foram reportadas com o  $d$  de Cohen. Todos os tamanhos de efeitos foram interpretados em acordo às convenções de Cohen (COHEN, 1977): 0.3 = pequeno, 0.5 = moderado, e 0.8 = alto (SULLIVAN; FEINN, 2012). Além disso, ANCOVA em cada medida de desfecho (pontuação total padronizada da MABC-2, e pontuações dos componentes destreza manual, alvo/precisão e equilíbrio), ajustada pelas pontuações de linha de base foi usada para avaliar as diferenças entre os grupos de intervenção. Por fim, valores individuais de pré e pós-testes para a pontuação total padronizada da MABC-2, destreza manual, alvo/precisão, e equilíbrio foram também apresentados para cada grupo. A nível individual, mudanças significativas a partir de valores pré e pós-testes foram calculados usando intervalos de confiança (IC) de 95%.

Em RCTs, descontinuidades podem induzir indicação de viés da eficácia do tratamento (PEDRO, 1999). Entretanto, um teste t preliminar não mostrou diferenças no desempenho entre crianças que completaram 16 sessões e aquelas que completaram 12 sessões. Consequentemente, todos os dados foram combinados para as análises.

### **3. Resultados**

A caracterização da amostra está apresentada na Tabela 2. Não foram observadas diferenças significativas nos valores de pré-teste para peso, estatura, IMC, idade e gênero.

#### **3.1 Comparações entre os grupos no desempenho motor pré-teste**

A pontuação total padronizada da MABC-2 (TTS) não foi estatisticamente significativa ( $p = 0.31$ ) entre o grupo de intervenção *Wii* ( $53.00 \pm 15.92$ ) e TST ( $57.43 \pm 6.78$ ). O mesmo também foi observado nos componentes de destreza manual ( $p = 0.20$ ), alvo/precisão ( $p = 0.31$ ) e equilíbrio ( $p = 0.90$ ) (ver Tabela 2).

**Tabela 2.** Características de linha de base das crianças com Transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC) entre os grupos de intervenção

Variáveis	Grupo Wii (n = 16)	Grupo TST (n = 16)
MABC-2		
Pontuação total padronizada	53.00±15.92	57.43±6.78
Destreza manual	16.37±6.07	18.87±4.63
Alvo & Precisão	13.00±4.47	14.62±4.52
Equilíbrio	23.62±8.53	23.93±4.83
Peso	36.85±15.82	35.72±8.92
Estatura	134.64±10.53	135.09±7.39
IMC	19.72±5.61	19.43±4.24
Idade (anos)	8.43±0.81	8.12±0.80
Gênero*		
Meninas	05 (31.3%)	03 (18.8%)
Meninos	11 (68.8%)	13 (81.3%)

MABC-2: Movement Assessment Battery for Children – Segunda Edição representado em médias e desvios padrão;

Peso representado em médias de kilogramas; Estatura representada em médias de centímetros;

IMC: Índice de Massa Corporal representado em médias;

TST: Treinamento de tarefa específica

### 3.2 Efeitos pré e pós-teste no desempenho motor para cada grupo

Na TTS da MABC-2, houve mudança significativa pre-pós teste para ambos grupos de intervenção Wii ( $p < 0.01$ ;  $d = 0.41$ ) e TST ( $p < 0.01$ ;  $d = 1.01$ ) (Tabela 3). Para a pontuação do componente equilíbrio, houve também mudança significativa após intervenção para ambos grupos Wii ( $d = 0.44$ ,  $p < 0.001$ ) e TST ( $d = 1.68$ ,  $p < .001$ ) (Tabela 3). Não foram observadas mudanças significativas pré-pós teste nos componentes de destreza manual ou alvo/precisão para qualquer dos grupos.

**Tabela 3.** Pré-teste, pós-teste, e médias das mudanças na pontuação total padronizada da MABC-2, e sub-escalas Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio para os grupos Wii e TST.

MABC-2	Grupo Wii				Grupo TST				Intervalos de		p-valor	<i>d</i>	Mudança da pontuação Média ( $\pm DP$ )	Intervalos de Confiança (95% IC)	p-valor	<i>d</i>	Mudança da pontuação Média ( $\pm DP$ )
	Pré		Pós		Pré		Pós		Confiança (95% IC)								
	Média ( $\pm DP$ )	Média ( $\pm DP$ )	Pré	Pós	Média ( $\pm DP$ )	Média ( $\pm DP$ )	Pré	Pós	Pré	Pós							
Pontuação total padronizada	53.00 (15.92)	60.12 (17.99)	46.75 – 59.24	52.61 – 67.63	< 0.01*	<b>0.41</b>	7.12 (7.04)	57.43 (6.78)	66.75 (10.40)	51.19 – 63.68	59.24 – 74.25	< 0.01*	<b>1.01</b>	9.31 (9.58)			
Destreza Manual	16.37 (6.07)	18.31 (6.63)	13.61 – 19.13	15.14 – 21.47	0.05	<b>0.30</b>	1.94 (3.66)	18.87 (4.63)	18.12 (5.73)	16.11 – 21.63	14.95 – 21.29	0.41	<b>-0.14</b>	-0.75 (3.56)			
Alvo & Precisão	13.00 (4.47)	14.18 (4.51)	10.70 – 15.29	11.42 – 16.95	0.19	<b>0.26</b>	1.12 (3.42)	14.62 (4.52)	17.43 (6.18)	12.32 – 16.92	14.67 – 20.20	0.16	<b>0.50</b>	2.81 (7.73)			
Equilíbrio	23.62 (8.53)	27.62 (9.33)	20.08 – 27.16	23.99 – 31.25	< 0.01*	<b>0.44</b>	4.00 (5.26)	23.93 (4.83)	31.31 (3.70)	20.39 – 27.48	27.68 – 34.93	< 0.01*	<b>1.68</b>	7.37 (5.37)			

MABC-2: Movement Assessment Battery for Children – Segunda Edição; \* $p < 0.05$ .

TST: Treinamento de tarefa específica

### 3.3 Comparações das (pré-pós) mudanças das pontuações entre grupos

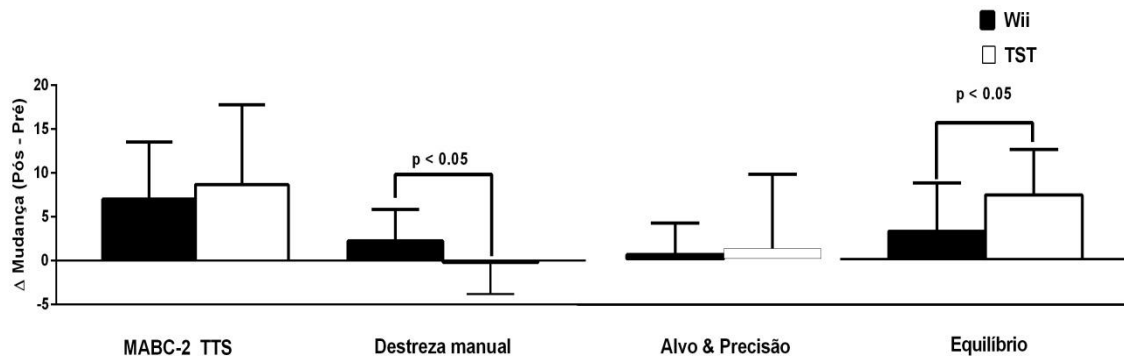
ANCOVA em cada desfecho medido (ajustado por desempenho de linha de base) não mostrou diferença significativa de grupo ou qualquer medida. Entretanto, tendências não significativas foram observadas na destreza manual (em favor do grupo Wii) e equilíbrio (em favor do grupo TST) (Tabela 4).

**Tabela 4.** ANCOVA em cada desfecho medido ajustado por pontuações de linha de base nas medidas (pontuação total padronizada da MABC-2, pontuações dos componentes Destreza manual, alvo/precisão e equilíbrio), mostrando a significância das diferenças entre os grupos de intervenção Wii e TST.

MABC-2	Grupo Wii Média ajustada, Tempo 2 (EP)	Intervalos de confiança (95% IC)	Grupo TST Média ajustada, Tempo 2 (EP)	Intervalos de confiança (95% IC)	<i>p</i> -valor
Pontuação total padronizada	62.31 (2.15)	57.89 – 66.72	64.56 (2.15)	60.15 – 68.97	0.47
Destreza Manual	19.48 (0.92)	17.58 – 21.37	16.95 (0.92)	15.05 – 18.85	0.06
Alvo & Precisão	14.46 (1.33)	11.73 – 17.18	17.16 (1.33)	14.43 – 19.89	0.16
Equilíbrio	27.73 (1.26)	25.14 – 30.32	31.19 (1.26)	28.60 – 33.78	0.06

MABC-2: Movement Assessment Battery for Children – Segunda edição; \* $p < 0.025$ ;  
TST: Treinamento de tarefa específica.

A figura 2 mostra os resultados das mudanças  $\Delta$  (valores pós-teste menos valores pré-teste) na pontuação total padronizada da MABC-2, e pontuações dos componentes Destreza manual, Alvo/Precisão, e Equilíbrio para os grupos Wii e TST. O grupo de intervenção Wii apresentou superior melhora na Destreza manual ( $\Delta = 1.94$ ) comparado ao grupo TST ( $\Delta = -0.75$ ;  $p = 0.04$ ). Não foram observadas diferenças significativas para as demais variáveis ( $p > 0.05$ ).



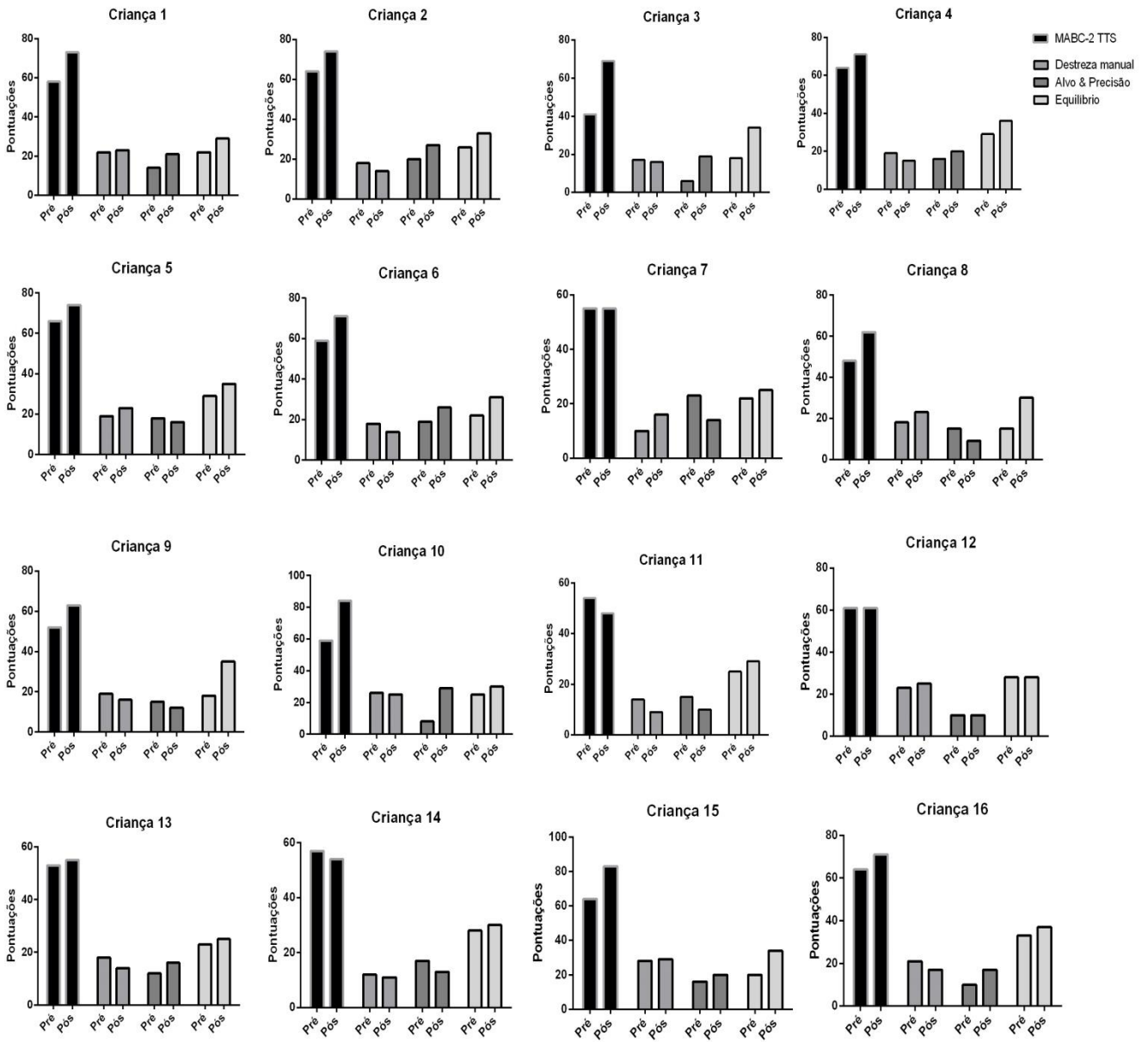
**Figura 2.** Comparações entre os grupos Wii e TST na mudança  $\Delta$  (Valor pós-teste menos valor pré-teste) para a pontuação total padronizada da MABC-2, e os domínios Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio.

TTS – Total test score (pontuação total do teste).

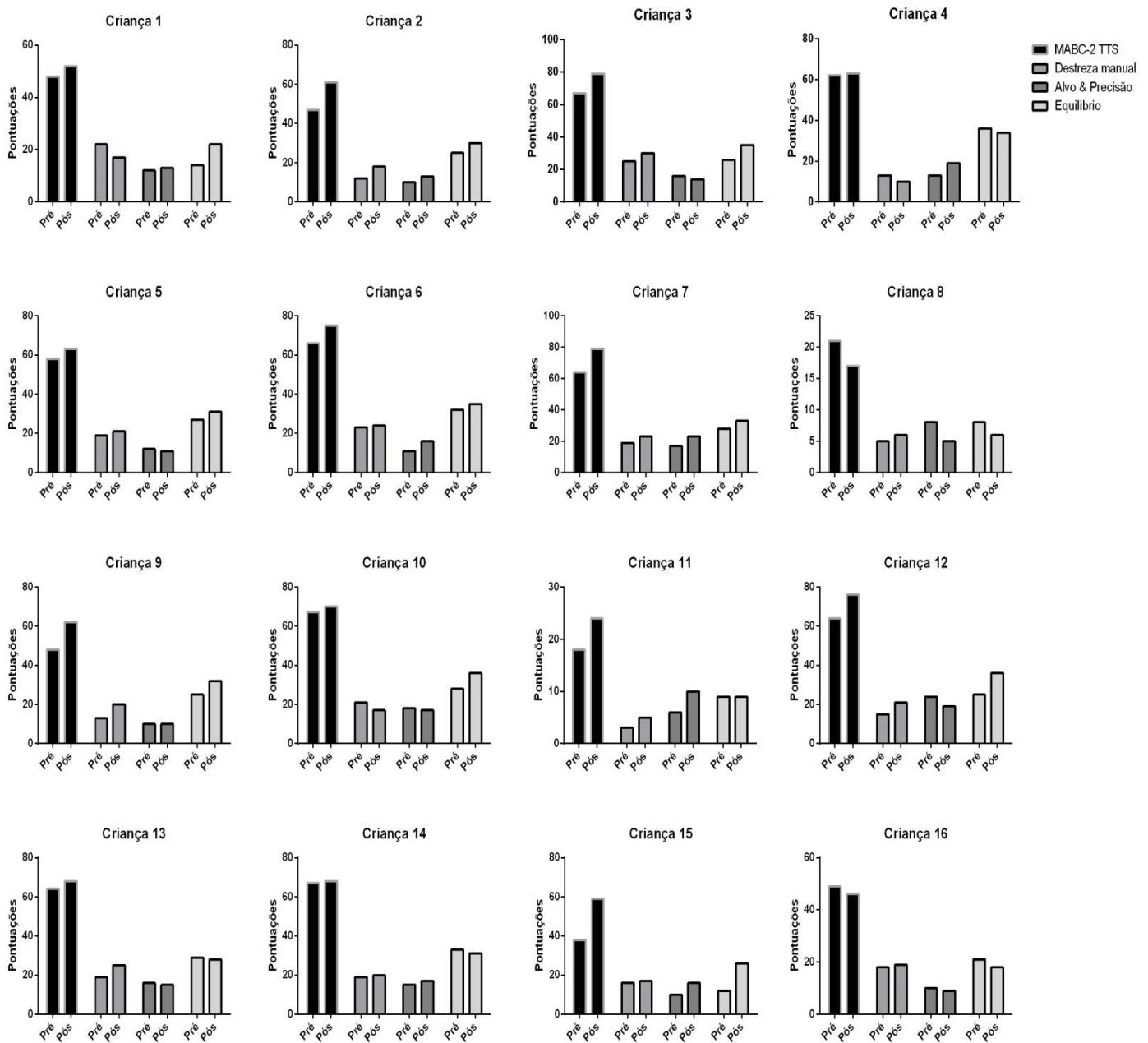
**Diferenças individuais.** Resultados individuais das crianças nos grupos de intervenção Wii e TST são mostrados nas figuras 3 e 4, respectivamente. A pontuação total da MABC-2 e as pontuações dos componentes Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio estão apresentados para os valores de pré e pós testes.

Para cada grupo de intervenção Wii e TST, todas as 16 crianças mostraram melhorias significativas nas pontuações totais padronizadas da MABC-2, e nas pontuações dos componentes Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio. Não foram encontradas sobreposições após calcular as mudanças significativas dos valores de pré para o pós-teste com base nos intervalos de confiança de 95% sobre cada pontuação.





**Figura 3.** Valores individuais de pré e pós-teste da pontuação total padronizada da MABC-2, e dos domínios de Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio das 16 crianças do grupo de intervenção Wii.



**Figura 4.** Valores individuais de pré e pós-teste da pontuação total padronizada da MABC-2, e dos domínios de Destreza manual, Alvo/Precisão e Equilíbrio das 16 crianças do grupo de intervenção TST.

#### 4. Discussão

Com base em nosso melhor conhecimento, este é o primeiro RCT cego em TDC que compara um sistema de jogos de realidade virtual (Wii) com um (sem Wii) protocolo de

treinamento de tarefa específica (TST), no qual as metas/tipos de tarefas foram controladas entre as duas intervenções. O desenho do estudo adiciona uma questão importante se certos tipos de ações motoras podem ser treinadas em um nível comparável de proficiência usando um sistema VGA comercial, no qual os movimentos das tarefas são simulados em um ambiente virtual, ou um treinamento de tarefa específica, onde as tarefas/habilidades são realizadas em um ambiente natural. Nós hipotetizamos benefícios do treinamento para ambos treinamento Wii e TST, mas em termos relativos, efeitos mais fortes para o TST entre os domínios das habilidades. Para as habilidades de movimentos em geral, o TST produziu efeitos fortes e significativos ( $d = 1.01$ ) enquanto que o treinamento com Wii foi moderado ( $d = 0.41$ ) e sem significância estatística. Houve também vantagem relativa para o TST no equilíbrio ( $d = 1.68$  para TST;  $d = 0.44$  para Wii). Na destreza manual, o grupo de treinamento Wii ( $d = 0.30$ ) mostrou discreto benefício mais forte do que o TST, mas o efeito não alcançou significância estatística. O padrão das diferenças de grupos nas pontuações totais e domínios das habilidades é discutido abaixo.

#### *4.1. Efeitos das intervenções no desempenho motor geral*

Nós tivemos a expectativa que poderia haver significativo benefício do treinamento para ambas as intervenções porque os padrões de movimentos requeridos das tarefas/metastas pareadas foram similares, apesar das diferenças óbvias entre as configurações virtual e natural. Entretanto, o ambiente natural e as restrições de tarefas habituais do TST proporcionaram benefícios de treinamento mais fortes do que a intervenção com Wii. Esta última pode apenas similar aspectos multisensoriais, experiência de ação via uso de avatars e dispositivos de controle artificial (por exemplo, Wiimote), enquanto o TST possibilita uma experiência corporificada mais direta. Nós especulamos que imersão da tarefa em um

ambiente natural 3D possibilita à criança melhor aprender a relação natural (ou covariação) que existe entre o próprio movimento por meio do espaço e mudanças no fluxo da informação visuo-sensorial do ambiente (DICKS; KEITH; DUARTE, 2008). Aprendizagem desta relação através de prática repetitiva permite à criança mensurar seus movimentos mais apropriadamente para a demanda espacial e temporal da tarefa.

Uma recente revisão sistemática e meta-análise (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2018) revelou que VGAs podem promover benefícios do treinamento de leve a moderado tamanho do efeito em crianças com TDC. Interessantemente, tamanhos de efeito ( $d$ ) variaram consideravelmente entre os sete estudos que preencheram os critérios de inclusão, variando de 0.30 a 0.96. Achados de um estudo recente com adolescentes do gênero feminino com TDC sugerem que o Wii e o treinamento funcional orientado à tarefa (TOFT) podem produzir benefícios similares para o desempenho motor (BONNEY; FERGUSON; SMITS-ENGELSMAN, 2017). Os autores (BONNEY; FERGUSON; SMITS-ENGELSMAN, 2017) concluíram que esses benefícios foram resultados de parâmetros ‘comuns’ de treinamento, incluindo o tempo, frequência e duração de cada tarefa e sessão. Além disso, há evidência que habilidades aprendidas por meio de treinamento com RV transferem melhor para a vida diária quando existe um correspondente óbvio entre as tarefas treinadas e o ambiente real (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2018; SMITS-ENGELSMAN; JELSMA; FERGUSON, 2017). O que distinguiu o TOFT de Bonney et al. (BONNEY; FERGUSON; SMITS-ENGELSMAN, 2017) e nosso TST foi o cuidado experimental no controle da meta/tipo de tarefa entre o TST e o treinamento Wii, bem como a intensidade do treinamento. Enquanto as tarefas do nosso TST foram de baixa intensidade e correspondentemente pareadas com as tarefas do Wii, o TOFT de Bonney et al. (BONNEY; FERGUSON; SMITS-ENGELSMAN, 2017) usou intensidade de moderada a alta, com as adolescentes carregando peso adicional nas mochilas durante as sessões, mas sem controle do tipo de tarefa.

Com exceção de Ferguson et al. (FERGUSON *et al.*, 2013), outros estudos tem simplesmente comparado VGA com treinamento sem VGA para TDC (por exemplo, (ASHKENAZI *et al.*, 2013; STRAKER *et al.*, 2015) ou com atividades regulares de classe (HAMMOND *et al.*, 2014), e mostraram benefícios significativos do treinamento (ASHKENAZI *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014). O estudo de Hammond et al. (HAMMOND *et al.*, 2014) foi notável por usar um desenho cross-over em crianças com 7 a 10 anos de idade. Aqui um breve curso do treinamento com Wii (120 min no total) produziu ganhos moderados nas habilidades de movimento, medidas com o Bruininks-Oseretsky Test – Segunda edição (BOT-2). Infelizmente, comparação entre estudos é difícil devido as diferenças nas composições do grupo, incluindo idade (por exemplo, 9-12 anos em Straker et al. (STRAKER *et al.*, 2015); 4-6 anos em Ashkenazi et al. (ASHKENAZI *et al.*, 2013); 7-10 em Hammond et al. (HAMMOND *et al.*, 2014)), modalidade de treinamento (por exemplo, uso do Wii, Sony Playstation) e intensidade do treinamento.

#### *4.2. Efeitos da intervenção nos domínios motores*

Nosso estudo mostrou um pequeno efeito de tratamento para o treinamento com Wii na Destreza manual ( $d = 0.30$ ) em comparação ao TST, que não teve efeito. Este resultado sugere que (manual) manipulação do controle Wiimote nas tarefas do treinamento (usando uma dose de tratamento relativamente pequena – 16 x sessões de 1 hora) pode gerar um leve benefício de treinamento para habilidades motoras finas. As ações realizadas enquanto segura o dispositivo Wiimote requerem movimentos bastante precisos das pontas dos dedos e efetiva prensão palmar de força variável para manter o controle durante as tarefas (“Nintendo UK’s site oficial”, [S.d.]; SCHLÖMER *et al.*, 2008). As tarefas de intervenção do Wii foram suficientemente diferentes para Destreza manual na MABC-2 para concluir que os benefícios

do treinamento com RV podem transferir para aspectos funcionais das habilidades de membros superiores, até certo ponto. Por comparação, outros estudos tem mostrado que não há diferenças entre o treinamento com VGA e sem VGA na Destreza manual (ASHKENAZI *et al.*, 2013; STRAKER *et al.*, 2015). Ou, de modo inverso, Ferguson et al. (FERGUSON *et al.*, 2013) mostraram ganhos elevados na destreza manual para NTT comparado com o treinamento Wii, apesar de não ter tido tarefas motoras fina específicas para o grupo NTT.

Em linha com estudos prévios, nosso grupo de treinamento Wii mostrou um nível moderado de mudança no equilíbrio ( $d = 0.44$ ) (JELSMA *et al.*, 2014, 2015; JELSMA *et al.*, 2016; SMITS-ENGELSMAN; JELSMA; FERGUSON, 2017); entretanto, em termos relativos, esta mudança foi mais fraca do que a encontrada para TST ( $d=1.68$ ). Este resultado fortemente sugere que o potencial impacto clínico do TST para habilidades genéricas de equilíbrio é superior do que aquele para VGAs. Por outro lado, terapeutas são aconselhados a definirem cuidadosamente as metas da reabilitação antes do uso do treinamento Wii para problemas de equilíbrio.

A ausência de efeitos de treinamento para Alvo/Precisão é consistente com diversos estudos prévios de TDC em crianças (FERGUSON *et al.*, 2013; STRAKER *et al.*, 2015) e adolescentes (BONNEY; FERGUSON; SMITS-ENGELSMAN, 2017). A manipulação do Wiimote envolve o uso de prensão em massa que fica em contraste a prensão variada requerida do TST, bem como das ações motoras fina requeridas para o controle de objeto nos sub-testes da MABC-2 (arremessar um saquinho de feijão e pegar uma bola de tênis), ao mesmo tempo em que controla a postura estática (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007).

De outra maneira, as tarefas de Alvo/Precisão na MABC-2 são complexas devido a combinação de ambos os movimentos motores finos e grossos quando transmitem a força para um objeto ou interceptam algum (HENDERSON; SUGDEN; BARNETT, 2007), que

devem explicar o fraco efeito de treinamento em nosso estudo e outros (WILSON *et al.*, 2017). É provável que os efeitos do treinamento associados com o controle manual do *Wii* mostrem alta especificidade próxima aos parâmetros particulares de movimentos do treinamento (BARBEAU, 2003; GEORGE HORNBY *et al.*, 2011; HAWLEY, 2008; JENKINS *et al.*, 2018)

#### 4.3. *Implicações Clínicas*

Vistas em conjunto, enquanto nossos achados mostram benefícios de treinamento para ambos TST e Wii, a superioridade relativa do TST para o desempenho motor geral e equilíbrio não podem ser esquecidas. Estudos futuros necessitam replicar esses achados; como foi concluído em uma recente revisão sistemática realizada por Hickman *et al.* (HICKMAN *et al.*, 2017), dados adicionais sobre a eficácia dos video games ativos são necessários porque os benefícios deste tipo de intervenção relativos à terapia convencional não são demonstrados consistentemente, e RCTs bem controlados são raros. Ademais, análises a nível individual irão fornecer informações clinicamente relevantes e representativas para terapeutas que poderão ser usadas na tomada clínica de decisão. Dessa maneira, intervenção sob medida pode ser ofertada para as crianças. Além disso, é provável que a intervenção com Wii tenha adicionado benefício quando combinada com TST padrão para crianças com TDC; estudos para avaliar tais intervenções multimodais são necessários. A exata dose e frequência é, entretanto, a próxima questão clínica empírica que necessita ser adicionada.

#### 4.4. *Limitações*

Diversos fatores metodológicos devem ser levantados em estudos futuros. Entretanto, o estrito pareamento nas metas da tarefa, as características das tarefas de equilíbrio

subjacentes ao TST poderão nunca corresponder exatamente às tarefas inseridas durante o treinamento com Wii. A estrita correspondência entre as tarefas de equilíbrio do TST e os sub-testes da MABC-2 podem ter elevado o tamanho do efeito no componente equilíbrio (ver também (FERGUSON *et al.*, 2013)). Por fim, trabalhos futuros devem considerar incluir (primário) medidas de desempenho funcional de membros superiores e participação em atividade física.

## 5. Conclusão

Enquanto ambas as intervenções com Wii e TST produziram mudanças positivas nas habilidades motoras gerais, a magnitude do efeito foi superior para o TST. A magnitude do tamanho do efeito no equilíbrio foi também bem superior para o TST comparado ao treinamento com Wii. Por comparação, houve um fraco efeito da intervenção com Wii na Destreza manual, mas que não foi observado para o TST. Em conjunto, TST parece promover benefícios de treinamento mais fortes para habilidades motoras gerais do que o treinamento com Wii. Se o treinamento com Wii pode promover benefícios clinicamente significativos para habilidades de membros superiores e desempenho funcional em tarefas de vida diária requer investigação futura.

Com base nas evidências atuais, o treinamento com Wii mantém algumas promessas, que conferem de forma adjunta maior poder às abordagens TST. A variação bem considerável na magnitude do efeito de treinamento entre os estudos, junto com a pouca evidência na estrita transferência (SMITS-ENGELSMAN *et al.*, 2018), sugere cautela na recomendação do treinamento com Wii como uma alternativa viável ao treinamento mais convencional para crianças com TDC. RCTs mais bem controlados são necessários para validar o mérito do treinamento com Wii entre os diferentes domínios da função, e avaliar a eficácia de abordagens multimodais.



## Referências

[American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-5*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <[dsm.psychiatryonline.org](http://dsm.psychiatryonline.org)>. , 2013

ASHKENAZI, T. *et al.* Effect of training children with Developmental Coordination Disorders in a virtual environment compared with a conventional environment. *2013 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*, p. 46–50, 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6662075>>.

BARBEAU, H. Locomotor Training in Neurorehabilitation: Emerging Rehabilitation Concepts. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 17, n. 1, p. 3–11, 2003.

BLANK, R. *et al.* European Academy for Childhood Disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Developmental medicine and child neurology*, v. 54, n. 1, p. 54–93, jan. 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

BONNEY, E. *et al.* Learning better by repetition or variation? Is transfer at odds with task specific training? *PLOS ONE*, v. 12, n. 3, p. e0174214, 23 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28333997>>.

BONNEY, E.; FERGUSON, G.; SMITS-ENGELSMAN, B. The efficacy of two activity-based interventions in adolescents with Developmental Coordination Disorder. *Research in developmental disabilities*, v. 71, p. 223–236, dez. 2017. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089142221730269X>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

CAIRNEY, J. *et al.* Developmental coordination disorder, generalized self-efficacy toward physical activity, and participation in organized and free play activities. *The Journal of pediatrics*, v. 147, n. 4, p. 515–20, out. 2005. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347605004130>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

CAVALCANTE NETO, J. L.; STEENBERGEN, B.; TUDELLA, E. Motor intervention with and without Nintendo Wii for children with Developmental Coordination Disorder: Protocol for a randomized clinical trial. *Submitted*, [S.d.].

CLARK, R. A. *et al.* Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait & Posture*, v. 31, n. 3, p. 307–310, mar. 2010.

Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20005112>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

COHEN, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1977.

CONDE, W. L.; MONTEIRO, C. A. Body mass index cutoff points for evaluation of nutritional status in Brazilian children and adolescents. *Jornal de Pediatria*, v. 82, n. 4, p. 266–272, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jped/v82n4/v82n4a07>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

DICKS, M.; KEITH, D.; DUARTE, A. Ecological psychology and task representativeness: Implications for the design of perceptual-motor training programmes in sport. In: BARTLETT, Y. H. & R. (Org.). *The Routledge Handbook of Biomechanics and Human Movement Science*. London: Routledge, 2008. p. 129–139.

FERGUSON, G. D. *et al.* The efficacy of two task-orientated interventions for children with Developmental Coordination Disorder: Neuromotor Task Training and Nintendo Wii Fit training. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 9, p. 2449–2461, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.007>>.

GEORGE HORNBY, T. *et al.* Importance of Specificity, Amount, and Intensity of Locomotor Training to Improve Ambulatory Function in Patients Poststroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, v. 18, n. 4, p. 293–307, 2011.

HAMMOND, J. *et al.* An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties: a pilot study. *Child:*

*Care, Health and Development*, v. 40, n. 2, p. 165–175, mar. 2014. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23363371>>. Acesso em: 23 out. 2017.

HAWLEY, J. A. Specificity of training adaptation: time for a rethink? *The Journal of physiology*, v. 586, n. 1, p. 1–2, 2008.

HENDERSON, S. E.; SUGDEN, D. A.; BARNETT, A. *Movement Assessment Battery for Children - Second Edition*. . London: Psychological Corporation. Disponível em:

<<https://www.pearsonclinical.com/therapy/products/100000433/movement-assessment-battery-for-children-second-edition-movement-abc-2.html>>. , 2007

HERRMANN, C.; SEELIG, H. Structure and profiles of basic motor competencies in the third grade-validation of the test instrument MOBAK-3. *Perceptual & Motor Skills*, v. 124, n. 1, p. 5–20, 2016.

HICKMAN, R. *et al.* Use of active video gaming in children with neuromotor dysfunction: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 59, n. 9, p. 903–911, 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28542867>>.

HOWIE, E. K. *et al.* Understanding why an active video game intervention did not improve motor skill and physical activity in children with developmental coordination disorder: A quantity or quality issue? *Research in Developmental Disabilities*, v. 60, p. 1–12, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27863326>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

HUBBARD, I. J. *et al.* Task-specific training: evidence for and translation to clinical practice. *Occupational Therapy International*, v. 16, n. 3–4, p. 175–189, 2009.

JELSMA, D. *et al.* Short-term motor learning of dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, v. 38, p. 213–222, mar. 2015. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25575285>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

JELSMA, D. *et al.* The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children

with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. *Human Movement Science*, v. 33, p. 404–418, fev. 2014. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24444657>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

JELSMA, L. D. *et al.* Changes in dynamic balance control over time in children with and without Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, v. 49, p. 148–159, out. 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27404396>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

JENKINS, N. *et al.* Specificity of training in cardiac rehabilitation to facilitate a patient's return to strenuous work following aortic valve replacement. *Baylor University Medical Center Proceedings*, v. 31, n. 1, p. 72–75, 2018.

LEVAC, D. *et al.* Exploring children's movement characteristics during virtual reality video game play. *Human movement science*, v. 29, n. 6, p. 1023–38, dez. 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016794571000093X>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

LOPES, V. P.; SARAIVA, L.; RODRIGUES, L. P. Reliability and construct validity of the test of gross motor development-2 in Portuguese children. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, p. 1–11, 2016.

MICHALSKI, A. *et al.* Assessment of the postural control strategies used to play two Wii Fit™ videogames. *Gait & posture*, v. 36, n. 3, p. 449–53, jul. 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636212001312>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

MIYAHARA, M. *et al.* Task-oriented interventions for children with developmental coordination disorder. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, v. 7, p. CD010914, 2017.

MOMBARG, R.; JELSMA, D.; HARTMAN, E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 9, p. 2996–3003, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23827983>>.

*Nintendo UK's official site*. Disponível em: <<http://www.nintendo.co.uk/>>. Acesso em: 3 dez.

2017.

PEDRO. *PEDro Scale*. Disponível em: <[www.pedro.org.au/english/downloads/pedro-scale/](http://www.pedro.org.au/english/downloads/pedro-scale/)>.

PRADO, M. S. S.; MAGALHÃES, L. C.; WILSON, B. N. Cross-cultural adaptation of the developmental coordination disorder questionnaire for brazilian children. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 13, n. 3, p. 236–243, 2009. Disponível em:

<[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-68449089082&partnerID=40&md5=7fece2efc49d0d40dce3c3b0b302023e)

[68449089082&partnerID=40&md5=7fece2efc49d0d40dce3c3b0b302023e](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-68449089082&partnerID=40&md5=7fece2efc49d0d40dce3c3b0b302023e)>.

RAHMAN, S.; SHAHEEN, A. Virtual Reality Use in Motor Rehabilitation of Neurological Disorders: A Systematic Review. *Middle-East Journal of Scientific Research*, v. 7, n. 1, p. 63–70, 2011. Disponível em: <[http://idosi.org/mejsr/mejsr7\(1\)11/11.pdf](http://idosi.org/mejsr/mejsr7(1)11/11.pdf)>.

SCHLÖMER, T. *et al.* Gesture Recognition with a Wii Controller. 2008, New York: ACM, 2008. p. 11–14. Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.725.5526&rep=rep1&type=pdf>>.

Acesso em: 3 dez. 2017.

SMITS-ENGELSMAN, B. *et al.* Diagnostic criteria for DCD: Past and future. *Human Movement Science*, v. 42, p. 293–306, ago. 2015. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25843305>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

SMITS-ENGELSMAN, B. *et al.* Evaluating the evidence for motor-based interventions in developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities*, v. 74, p. 72–102, mar. 2018.

SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. *et al.* Motor Learning: An Analysis of 100 Trials of a Ski Slalom Game in Children with and without Developmental Coordination Disorder. *PLOS ONE*, v. 10, n. 10, p. e0140470, out. 2015. Disponível em:

<<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0140470>>.

SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; JELSMA, L. D.; FERGUSON, G. D. The effect of

exergames on functional strength, anaerobic fitness, balance and agility in children with and without motor coordination difficulties living in low-income communities. *Human Movement Science*, v. 55, p. 327–337, out. 2017. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27423302>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

STRAKER, L. *et al.* A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, v. 42, p. 146–160, 2015.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2015.04.011>>.

SULLIVAN, G. M.; FEINN, R. Using Effect Size - or Why the P Value Is Not Enough.

*Journal of graduate medical education*, v. 4, n. 3, p. 279–82, 2012. Disponível em:

<<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3444174&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>.

TSEKLEVES, E. *et al.* The Use of the Nintendo Wii in Motor Rehabilitation for Virtual Reality Interventions: A Literature Review. In: MA M., JAIN L., A. P. (Org.). . *Virtual, Augmented Reality and Serious Games for Healthcare 1*. Berlin: Springer, 2014. .

WEEDON, B. D. *et al.* The relationship of gross upper and lower limb motor competence to measures of health and fitness in adolescents aged 13-14 years. *BMJ open sport & exercise medicine*, v. 4, n. 1, p. e000288, 2018.

WILSON, B. N. *et al.* Psychometric Properties of the Revised Developmental Coordination Disorder Questionnaire. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, v. 29, n. 2, p. 182–202, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19401931>>.

WILSON, P. H. *et al.* Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder: new insights from a systematic review of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 59, n. 11, p. 1117–1129, nov. 2017. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28872667>>. Acesso em: 3 dez. 2017.



## 7. Considerações Finais

De forma geral, os resultados obtidos nos quatro estudos possibilitaram informações relevantes em relação ao desempenho motor e controle autonômico cardíaco em crianças com TDC. As principais contribuições resultantes desses estudos podem ser usadas na prática clínica, bem como para expandir o conhecimento na literatura da área.

A disfunção cardíaca foi observada durante a avaliação na posição supina com simulação ortostática, o que destaca a necessidade de se considerar melhorias na saúde cardiovascular como um dos objetivos em programas de intervenção para crianças com TDC.

Apresentamos uma nova metodologia devido à realização de pareamento entre as tarefas de ambos os protocolos de intervenção e todos os procedimentos foram similarmente padronizados. Assim, este trabalho atesta os benefícios do treinamento com RV e do treinamento TST para crianças com TDC. Entretanto, com base em nossos achados, RV e TST não devem ser opções exclusivas para crianças com TDC. Apesar do criticismo em relação às modalidades de intervenções convencionais, é possível gerenciar um ambiente motivacional, divertido e efetivo para assistir essas crianças, além de combinar os elementos positivos de ambas as modalidades de intervenção.



**8. IMPLICAÇÕES FUTURAS**

---

## **8. Implicações Futuras**

Guiado por essas implicações e achados interessantes, um estudo comparando os efeitos das intervenções no controle autonômico cardíaco entre os grupos de intervenção com e sem o Wii será preparado. Ademais, outro artigo comparando os efeitos das intervenções nas tarefas de equilíbrio estático e dinâmico, pontuações do Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ) pelos pais das crianças e motivação durante os jogos será realizado o mais breve possível. Como implicações futuras, terapeutas devem ter acesso a esta informação. Portanto, cada escola, pai, e professor que participou deste estudo recebeu um relatório com informações importantes no sentido de entender o efeito que a intervenção proposta possibilitou a essas crianças. Planejamos explorar este tópico futuramente e iniciaremos novas pesquisas sobre TDC e intervenções com o propósito de melhorar a evidência e a qualidade das intervenções para esses sujeitos.



## APÊNDICE 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

1. Seu(ua) filho(a) está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada “**Análise comparativa dos efeitos de intervenções com e sem realidade virtual no desempenho motor e gasto energético de crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação**”.
2. Essas informações estão sendo fornecidas para a participação voluntária do(a) seu(ua) filho(a) neste estudo que visa Comparar os efeitos da intervenção com um treino de realidade virtual (utilizando videogame) com a intervenção com um treino tradicional (sem realidade virtual) no desempenho motor e no gasto energético de crianças de 7 a 10 anos com indicativo de Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. Para identificar se seu filho(a) possui indicativo de Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC) será feita uma primeira avaliação por meio de dois questionários com os pais ou responsáveis, que serão entregues dentro da própria escola. Posteriormente, seu(ua) filho(a) poderá ser sorteado(a) para realizar algumas avaliações no nosso laboratório, caso identificamos nele(a) algum indicativo de TDC a partir dos questionários respondidos. Para tanto, serão feitos: exame físico (altura, massa corporal, medida de cintura e percentual de gordura corporal) para obtenção dos dados antropométricos; avaliação do desempenho motor por meio do teste MABC-2 que avalia destreza manual, alvo e precisão e equilíbrio através de tarefas e movimentos corporais, além de aplicação de questionário sobre estilo de vida com a criança.
3. Todas as avaliações serão feitas com ética e segurança e os avaliadores são pessoas treinadas na realização de todos os procedimentos. Para o exame físico, seu(ua) filho(a) subirá numa balança descalço, com roupas leves, onde serão tomadas as medidas de altura e massa corporal. Posteriormente, ele descerá da balança e serão tomadas as medidas de cintura com uma fita métrica e as medidas de percentual de gordura através de um aparelho chamado compasso de dobras cutâneas, onde serão feitas pinças na região das costas, logo abaixo da escápula (osso) e no tríceps (região posterior do braço). Todas essas pinças serão feitas no lado direito do corpo da criança. Após as avaliações antropométricas, seu(ua) filho(a) responderá um questionário de estilo de vida e ao término desse, ele(a) será submetido ao teste de desempenho motor, que consiste na realização das seguintes tarefas: colocar pinos na tábua de furos, passar um cordão na tábua de furos e fazer uma trilha de bicicleta no papel; lançar um bolinha na parede com uma mão e receber com as duas, arremessar um saquinho de feijão no alvo com apenas uma mão; ficar em um só pé sobre uma tábua de equilíbrio, caminhar sobre uma linha reta unindo a ponta de um pé no calcanhar do outro pé, saltar com um só pé sobre tapetes emborrachados.
4. Durante os procedimentos, é possível que seu(ua) filho(a) apresente cansaço, dores ou fadiga musculares. Entretanto, este risco/desconforto será minimizado por um intervalo entre as avaliações de, no mínimo, 30 segundos ou de acordo com a necessidade do(a) seu(ua) filho(a). Por isso, serão incluídas apenas as crianças que também aceitem participar do estudo.
5. Seu(ua) filho(a) poderá ser sorteado para participar de intervenções com atividades motoras por meio de jogos eletrônicos ou de intervenções com atividades motoras por meio de jogos e tarefas tradicionais, sendo um grupo de crianças para cada tipo de intervenção, caso ele não apresente indicativo de TDC, nessa situação ele não fará parte dos grupos de crianças que receberão as intervenções. As intervenções acontecerão três vezes por semana em dias alternados, com duração de 30 minutos cada sessão, totalizando 12 semanas e seu(ua) filho (a) somente participará em um dos dois grupos. As intervenções serão feitas no nosso laboratório, no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos ou na escola onde estuda, em horários previamente definidos. Durante as intervenções seu filho irá usar um aparelho chamado acelerômetro, que servirá para medir o quanto de calorías que ele gastou nas atividades. O mesmo será posicionado abaixo da região da cintura, na dimensão da bermuda/short de seu filho e ficará fixo por um cinto acoplado e não causará nenhum desconforto ao mesmo. Seu filho também irá usar um outro aparelho chamado cardiofrequencímetro que consiste numa cinta peitoral e um relógio de pulso. Seu filho ficará com essa cinta disposta logo abaixo do peitoral e o relógio no pulso. Esses acessórios serão colocados de forma a deixar seu filho confortável com os aparelhos, podendo realizar as atividades sem incômodos. Após 12 semanas de intervenção, seu filho novamente será avaliado por meio do teste MABC-2 para verificar se seu desempenho motor melhorou e o DCDQ será novamente aplicado com os pais.

6. A participação neste estudo dependerá da sua autorização e do consentimento do(a) seu(ua) filho(a). Caso haja interesse em participar da pesquisa, o laboratório se responsabilizará pelo seu transporte e do(a) seu(ua) filho(a) entre sua residência e o Departamento de Fisioterapia, da Universidade Federal de São Carlos (DFisio/UFSCar).
7. Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é a fisioterapeuta Dra. Eloisa Tudella, que pode ser encontrada no endereço: Rodovia Washington Luís, Km 235, s/n - Jardim Guanabara – Departamento de Fisioterapia, UFSCar – São Carlos, CEP: 13565-905. Telefone: (16) 3351-8407. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) – Pró-Reitoria de Pesquisa, Rodovia Washington Luiz SP-310, Km. 235 - Telefone: (16) 3351-9683. E-mail: [cephumanos@ufscar.br](mailto:cephumanos@ufscar.br)
8. É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.
9. As informações obtidas por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgadas de forma a possibilitar a identificação do(a) seu(ua) filho(a), assegurando, assim, o sigilo sobre sua participação.
10. Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à participação do(a) seu(ua) filho(a). Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.
11. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste estudo (nexo causal comprovado), o participante terá direito a tratamento médico na Instituição, bem como às indenizações legalmente estabelecidas.
12. O pesquisador assume o compromisso de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.
13. Você receberá uma cópia deste termo onde constam o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e a participação do(a) seu(ua) filho(a), agora ou a qualquer momento.

<hr/> Prof <sup>a</sup> Dra. Eloisa Tudella Orientadora	<hr/> Jorge Lopes Cavalcante Neto Pesquisador
------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------

**Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do(a) meu(inha) filho(a) na pesquisa e autorizo sua participação.**

**O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: [cephumanos@power.ufscar.br](mailto:cephumanos@power.ufscar.br)**

**Local e data**

\_\_\_\_\_  
Sujeito da pesquisa \*

## APÊNDICE 2 – Termo de Assentimento

### Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “**Análise comparativa dos efeitos de intervenções com e sem realidade virtual no desempenho motor e gasto energético de crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação**”. Seus pais permitiram que você participe.

Queremos saber se crianças na sua faixa etária apresentam alguma dificuldade para realizar movimentos corporais e se essas crianças melhoram esses movimentos participando de atividades físicas com realidade virtual (videogame) e participando de atividades físicas sem videogame.

As crianças que irão participar dessa pesquisa têm de **7 a 10** anos de idade.

Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir. A pesquisa será feita **na sua escola**, onde seus pais responderão a um questionário e depois no nosso laboratório na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) ou também na escola, onde as crianças serão **medidas e pesadas**. Para isso, será usado/a **uma balança digital para te pesar, um estadiômetro para te medir, uma fita métrica para medir sua cintura e um compasso de dobras cutâneas para ver quanto de gordura você tem no corpo**. Além dessas medidas, você irá responder a um questionário para sabermos como é o seu estilo de vida, ou seja, quais as atividades que você faz durante o dia. Você irá ainda realizar um teste para sabermos como anda seu desempenho motor, sabermos se seus movimentos corporais apresentam dificuldades. O uso destes materiais é considerado seguro, mas é possível **que você sinta desconforto depois de ser medido com o compasso de dobras cutâneas ou cansaço depois de ter feito o teste de desempenho motor**. Caso isso aconteça, nós iremos **parar o teste para você descansar**. Caso você sinta desconforto quando for embora para sua casa, você pode nos procurar pelos telefones (16) 3351-8407 ou (16) 981330826 do pesquisador **Jorge Lopes Cavalcante Neto**.

Mas há coisas boas que podem acontecer, por exemplo, **você vai descobrir se tem alguma dificuldade em seus movimentos ou se a quantidade de gordura de seu corpo está baixa ou elevada e nos ajudará a descobrir como as crianças da sua idade estão em relação ao desempenho motor e composição corporal. Com isso, nós conseguiremos ajudar as outras crianças da sua idade que tem alguma dificuldade na realização de movimentos corporais e que apresentam gordura corporal excessiva ou muito baixa para a idade.**

**Depois da realização de todas essas medidas, você poderá ser selecionado para participar de um programa de intervenção com atividades físicas durante 12 semanas, 3 vezes por semana, com duração de 30 minutos cada sessão, em nosso laboratório ou na escola. Você poderá realizar atividades com videogames ou atividades sem o uso do videogame.**

Durante as atividades você será monitorado por dois aparelhos, um chamado acelerômetro, que serve para verificarmos quanto de energia você gasta. Ele ficará preso em sua bermuda/short. E outro chamado cardiofrequencímetro, que serve para verificarmos o quanto seu coração bate por minuto nas atividades. Ele é constituído por dois acessórios, uma cinta que será colocada abaixo de seu peitoral e um relógio que ficará em seu pulso. Esses aparelhos não causarão desconforto algum a você durante as atividades.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar as crianças que participaram da pesquisa. Quando terminarmos a pesquisa, **nós iremos escrever um texto com os resultados, para que outras pessoas saibam mais sobre os movimentos corporais e a composição corporal das crianças que avaliamos.**

Se você tiver alguma dúvida, você pode me perguntar ou a pesquisadora **Eloisa Tudella**. Eu escrevi os nossos telefones na parte de cima desse texto.

Eu \_\_\_\_\_ aceito participar da pesquisa “**Análise comparativa dos efeitos de intervenções com e sem realidade virtual no desempenho motor e gasto energético de crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação**”, que tem o objetivo de comparar os efeitos da intervenção com um treino de realidade virtual (utilizando videogame) com a intervenção com um treino tradicional (sem realidade virtual) no desempenho motor e no gasto energético de crianças de 7 a 10 anos com indicativo de

Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir que ninguém vai ficar furioso. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

São Carlos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

_____ Profª Dra. Eloisa Tudella Orientadora	_____ Jorge Lopes Cavalcante Neto Pesquisador
---------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

\_\_\_\_\_  
Assinatura do menor





## ANEXO 1 – Aprovação do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS/UFSCAR



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** ANÁLISE COMPARATIVA DOS EFEITOS DE INTERVENÇÕES COM E SEM REALIDADE VIRTUAL NO DESEMPENHO MOTOR E GASTO ENERGÉTICO DE CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA COORDENAÇÃO

**Pesquisador:** JORGE LOPES CAVALCANTE NETO

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 47091115.0.0000.5504

**Instituição Proponente:** Departamento de Fisioterapia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.172.063

**Data da Relatoria:** 11/08/2015

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de estudo longitudinal, intervencionista, caso-controle, com análise quantitativa. Cinquenta crianças entre 7 e 10 anos com indicativo de transtorno do desenvolvimento da coordenação serão submetidas a uma avaliação do desempenho motor, de estilos de vida e de medidas antropométricas. Aquelas com déficits motores severos farão parte de dois grupos de intervenção, sendo um com realidade virtual e outro sem, alocadas randomicamente. Um grupo de crianças sem transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC) serão convidados a participarem do grupo controle. Durante as intervenções, o gasto energético das crianças será monitorado por meio de um acelerômetro e um cárdio-frequencímetro. Todas essas crianças serão reavaliadas após 12 semanas, período esse que os grupos experimentais receberão as intervenções. Os pais também participarão da pesquisa, respondendo dois questionários.

**Objetivo da Pesquisa:**

O pesquisador aponta como objetivo primário comparar os efeitos da intervenção com um treino de realidade virtual com a intervenção com um treino tradicional (sem realidade virtual) no desempenho motor e no gasto energético de crianças de 7 a 10 anos com indicativo de transtorno do desenvolvimento da coordenação. E como objetivos secundários: identificar escolares na faixa etária de 7 a 10 anos com indicativos de transtorno do desenvolvimento da coordenação na cidade

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**UF:** SP

**Telefone:** (16)3351-9683

**Município:** SAO CARLOS

**CEP:** 13.565-905

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br

Continuação do Parecer: 1.172.063

de São Carlos; estimar e comparar o gasto energético de crianças com indicativos de transtorno do desenvolvimento da coordenação durante as intervenções com realidade virtual e com treino tradicional; correlacionar o gasto energético das crianças durante as intervenções realizadas com medidas antropométricas de índice de massa corporal (IMC), percentual de gordura corporal e circunferência da cintura; Identificar os fatores sociodemográficos e estilo de vida das crianças com indicativo de TDC; verificar possíveis associações estatísticas dos fatores sociodemográficos e estilo de vida com o desempenho durante as avaliações pré e pós-teste das habilidades de destreza manual, alvo e precisão e equilíbrio e com as medidas antropométricas analisadas no estudo; analisar os estilos de vida das crianças com indicativos de Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação antes e após as intervenções realizadas; comparar os estilos de vida das crianças do grupo de intervenção com realidade virtual com as crianças com grupo de intervenção com treino tradicional sem realidade virtual.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O pesquisador aponta no projeto, como risco, o fato das intervenções realizadas não possibilitarem melhorias no desempenho motor das crianças com TDC. No TCLE e termo de assentimento, aponta ainda desconforto, cansaço, dores e fadiga muscular. Quanto aos benefícios, paradoxalmente, aponta que a pesquisa poderá possibilitar melhorias no desempenho motor e uma maior motivação às crianças com TDC para que elas possam se sentir capazes de realizar diferentes habilidades motoras. Além disso, espera-se com este estudo compreender de forma mais clara os efeitos de intervenções motoras com a utilização da realidade virtual nessas crianças, servindo de referencial para a prática clínica no processo de reabilitação delas.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto de pesquisa possui relevância à área em questão. O cronograma aponta que o início do projeto ocorrerá em setembro de 2015.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

A folha de rosto foi anexada. Os pesquisadores apresentaram o TCLE para os pais / responsáveis e o Termo de Assentimento para as crianças, explicando a existência de grupo controle e grupos experimentais, estando de acordo à Resolução CNS 466/12. Apresentou documento de autorização por parte da chefia da Divisão da Educação Especial e da Secretaria Municipal de Educação. Os pesquisadores também apresentaram os termos de confidencialidade, de comprometimento com a declaração dos resultados.

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS/UFSCAR



Continuação do Parecer: 1.172.063

**Recomendações:**

Acrescentar a informação aos Termos (TCLE e de Assentimento) que a criança alocada no grupo controle deverá fazer também a avaliação no final do estudo, caso isso for ocorrer.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto aprovado com recomendações.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

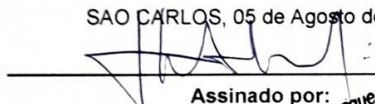
**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Projeto aprovado com recomendações.

SAO CARLOS, 05 de Agosto de 2015

  
Assinado por: *Henrique Afonso de André Sobrinho*  
Ricardo Carneiro Borra *Secretário Executivo*  
(Coordenador) *ProPq/UFSCar*

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br