

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ASSOCIADO EM
EDUCAÇÃO FÍSICA - UEM/UEL

LUANA MURIEL CASAROLLI

**“ANÁLISE CINEMÁTICA E CINÉTICA
DO SALTO VERTICAL DE CRIANÇAS
COM SÍNDROME DE DOWN E COM
DESENVOLVIMENTO TÍPICO”**

Maringá
2011

LUANA MURIEL CASAROLLI

**“ANÁLISE CINEMÁTICA E CINÉTICA DO
SALTO VERTICAL DE CRIANÇAS COM
SÍNDROME DE DOWN E COM
DESENVOLVIMENTO TÍPICO”**

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação
Associado em Educação Física –
UEM/UEL, para obtenção do título de
Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Lopes Vieira

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

C335a Casarolli, Luana Muriel
Análise cinemática e cinética do salto vertical de crianças com síndrome de Down e com desenvolvimento típico / Luana Muriel Casarolli. -- Maringá, 2011.
94 f. : il. col., figs., tabs.
Orientador: Prof. Dr. José Luiz Lopes Vieira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Educação Física, Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física - UEM/UEL, 2011.

1. Síndrome de Down - Desenvolvimento motor. 2. Síndrome de Down - Crianças - Salto vertical. 3. Salto vertical - Biomecânica - Desenvolvimento motor. 4. Variáveis cinemáticas. 5. Variáveis cinéticas. I. Vieira, José Luiz Lopes, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física - UEM/UEL. III. Título.

CDD 21.ed. 612.76

AMMA-00037

LUANA MURIEL CASAROLLI

**ANÁLISE DO SALTO VERTICAL DE CRIANÇAS
COM SÍNDROME DE DOWN**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL, na área de concentração em Estudos do Movimento Humano, para obtenção do título de Mestre.

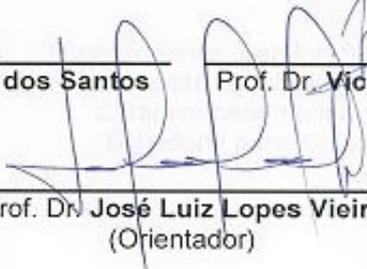
APROVADA em 21 de julho de 2011.



Prof. Dra. Saray Giovana dos Santos



Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki



Prof. Dr. José Luiz Lopes Vieira
(Orientador)

“Concedei-nos, Senhor, Serenidade necessária para
aceitar as coisas que não podemos modificar,
Coragem para modificar aquelas que podemos e
Sabedoria para distinguirmos umas das outras”.

Reihold Niebuhr

DEDICATÓRIA

*Dedico esta dissertação àquelas que foram fonte
inspiradora à escolha de minha profissão
e que me fazem realizada na Fisioterapia...*

... AS CRIANÇAS

AGRADECIMENTOS

Deus... nunca perturba a alegria dos seus filhos se não for para lhes preparar uma mais certa e maior, Agradeço-te confiante em seu amor como Pai.

A vocês, Pai e Mãe que muitas vezes renunciaram aos seus sonhos, para que eu pudesse realizar os meus, não bastaria dizer que não tenho palavras para agradecer tudo isso. Mas é apenas o que posso agora, quando procuro uma forma verbal de exprimir uma emoção ímpar.

A vovó Célia, pelo apoio, pela preocupação, pelas alegrias. Saiba que a senhora sempre será um exemplo de vida para todos aqueles que convivem em sua companhia. Obrigada Vó, por todo apoio em minha caminhada. Ao meu irmão André... será sempre meu irmão amado. E a toda a minha família que sempre torce e vibra por cada obstáculo por mim vencido.

Ser professor é semear em terreno sempre fértil e se encantar com a colheita. Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. José Luiz Lopes Vieira, pelas críticas construtivas, pelo incentivo, por tentar compreender-me e agregar-me conhecimento.

Aos meus colegas de laboratório Bruna, Matheus (in memoriam), George, Camila, Gislaine, Valquiria, Emanuela pela ajuda nas coletas de dados e pela troca de informações. Aos colegas de mestrado Juliana Capelini, Juliana Miyaki, Willian, Paulo, Mara, Jelmary e Maria Letícia no qual compartilhamos idas e vindas a Londrina para as disciplinas, pelos ombros amigos, pelas risadas e lágrimas compartilhadas. Aos meninos da Unicamp, Mario e Felipe, pela grande ajuda no matlab. A Guisela, secretária da pós-graduação que tanto nos ajudou e despendeu de seu tempo para comigo.

Ao Cesar que muito me ouviu durante esse tempo de mestrado e muito me ajudou nas coletas. A Larissa, com suas idéias, momentos culturais e almoços que tanto nos divertiram. E a Mirieli, muito mais que companheira de mestrado, se tornou uma pessoa a quem sempre guardarei no coração pelo caráter, amizade e garra.

Ao Professor Victor Hugo, faltam-me palavras primeiramente por ter aceito o convite e fazer parte da banca examinadora e ainda por ter me recebido várias vezes no departamento da UEL, tirando dúvidas, explicando, auxiliando, co-orientando. Obrigada por me propiciar teus conhecimentos. Foram muito válidos e importantes nessa etapa de minha vida.

A professora Saray que aceitou o convite para banca examinadora e contribuiu com o trabalho e aos Professores do Programa de Pós graduação no qual sempre estiveram dispostos a agregar conhecimentos e informações.

As minhas amigas que estiveram sempre presentes e me ouviram nas lágrimas e nos sorrisos: Flávia, Jociane, Carla's, Denise, Aneline e Aline Casarolli, perdoem a ausência, mas foi por uma boa causa.

"Agradeço tudo aquilo que está na minha vida até neste momento, incluindo até as dores. A nossa compreensão do universo ainda é muito pequena, para julgarmos o que quer que seja da nossa vida"

CASAROLLI, Luana Muriel. Análise do salto vertical de crianças com síndrome de *Down*. 2011. 94 f. **Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Educação Física. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-Paraná-Brasil, 2011.**

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar as características cinemáticas e cinéticas do salto vertical de crianças com síndrome de *Down* e com desenvolvimento típico com idade entre 6 e 10 anos. O estudo teve participação de 12 crianças com síndrome de *Down* e 12 crianças com desenvolvimento típico. Foram utilizadas para a coleta do salto vertical uma câmera modelo Cassio Exilim EX-FH20 e uma plataforma de força EMGsystem. As taxas de amostragem foram de 210 HZ para a cinemetria e 500HZ para a cinética. Após adaptação da criança ao ambiente laboratorial, foram coletados 3 saltos verticais. Os vídeos foram editados no *Software FadeToBlack* e para reconstrução bidimensional do salto vertical foi utilizado o *Software Skillspector* versão 1.5, o software *Matlab* foi utilizado para calcular e plotar dados referentes às variáveis cinemáticas e cinéticas. Os dados foram filtrados por meio do filtro recursivo do tipo *Butterworth* de 4^o ordem com frequência de corte de 4Hz. Para análise estatística utilizo-se o teste T independente, análise descritiva além do cálculo do coeficiente de variação. Os resultados revelaram que na fase de propulsão do salto vertical, durante o menor valor de força de reação ao solo, as crianças com síndrome de *Down* apresentaram flexão de quadril e joelho, além de força/peso inferior as crianças com desenvolvimento típico com diferença estatisticamente significativa. Para o pico de propulsão na fase de propulsão, as crianças do grupo SD revelaram insuficiente plantiflexão do tornozelo quando comparadas as crianças do grupo DT e força/peso inferior, ambas com diferença significativa. Na fase de voo as crianças com síndrome de *Down* apresentaram diferenças inferiores tanto para o tempo de voo quanto para altura, quando comparado às crianças com desenvolvimento típico. Finalmente, durante a fase de aterrissagem, as crianças com síndrome de *Down* apresentaram grau de flexão de joelho e força peso inferiores quando comparadas as crianças com desenvolvimento típico. As crianças com síndrome de *Down* apresentaram maior variabilidade nos movimentos realizados principalmente pelo segmento do tronco para a tarefa do salto vertical. Sendo assim constata-se que as crianças com síndrome de *Down* apresentam formas de movimentos peculiares para o salto vertical, utilizando os segmentos corporais e a força de reação ao solo diferente das crianças com desenvolvimento típico.

Palavras-chaves: Síndrome de *Down*, salto vertical, desenvolvimento motor, variáveis biomecânicas

CASAROLLI, Luana Muriel. Analysis of vertical jump of children with Down Syndrome. 2011. 94 f. **Dissertation (Master Degree in Physical Education) – Center of Health Sciences, Department of Physical Education. State University of Maringá, Maringá – Paraná - Brazil, 2011.**

ABSTRACT

The present paper aimed to evaluate the kinetic and kinematic characteristics of vertical jump of children with Down syndrome and typical development aged between 6 and 10. The descriptive study involving 12 children with Down syndrome and 12 children with typical development. Were used to collect vertical jump a Canon camera model and a force platform EMGsystem. The sampling rates were 210 Hz and 500 Hz for kinemetry to kinetic. After adjustment of the child to the laboratory, collected three vertical jumps were valid. The kinematic data were edited in Software FadeToBlack and bi-dimensional reconstruction of the vertical jump was used Skillspector Software version 1.5, Matlab was used to calculate and plot the data on kinetic and kinematic variables. Data were filtered through the filter of 4th order Butterworth with cut off frequency of 4Hz. Statistical analysis used the Mann-Whitney test, descriptive analysis beyond the calculation of the coefficient of variation. The results revealed that the propulsion phase of the vertical jump, children with Down syndrome showed statistically significant difference in the hip and knee flexion, which is lower when compared with typically developing children at time of less ground reaction force, as well as the strength / weight of children with Down syndrome was lower than that of children with typical development. To drive in the peak propulsion phase, the children of the SD group showed insufficient ankle plantarflexion compared with the children of the DT group, strength / weight lower, both statistically significant. In the flight phase the children with Down syndrome showed statistically significant difference for time and flight time, and these values were lower when compared to children with typical development. Finally, during the landing phase, children with Down syndrome showed the degree of knee flexion strength and lower weight compared to children with typical development. Children with Down syndrome presented larger variability in the movements carried out mainly by the segment of the trunk to the task of the vertical jump. Thus it certifies that children with Down syndrome have distinctive forms of movement for the vertical jump, using the body segments and the ground reaction force different from children with typical development.

Key-words: Down syndrome, vertical jump, motor development, biomechanical variables

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 01 | Representação das fases do salto vertical | 35 |
| Figura 02 | Ilustração das fases e da FRS vertical durante o movimento do salto vertical normalizado pelo peso corporal | 37 |
| Figura 03 | Representação do ambiente experimental | 45 |
| Figura 04 | Modelo biomecânico | 47 |
| Figura 05 | Figura A. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança do grupo SD identificando as variáveis espaço temporais TMFRS e TPP; Figura B. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança do grupo DT identificando as variáveis espaço temporais TMFRS e TPP | 58 |
| Figura 06 | Figura A. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança do grupo SD identificando as variáveis cinéticas MFRS e PP; Figura B. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança do grupo DT identificando as variáveis cinéticas MFRS e PP | 61 |
| Figura 07 | Figura A. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança do grupo SD identificando a variável espaço temporal TV; Figura B. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança do grupo DT identificando a variável espaço temporal TV | 66 |
| Figura 08 | Figura A. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança do grupo SD identificando a variável cinética PQ; Figura B. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança do grupo DT identificando a variável cinética PQ | 73 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|------------------|--|----|
| Quadro 01 | Comparação dos padrões de movimentos entre crianças com Síndrome de <i>down</i> e desenvolvimento típico | 31 |
| Quadro 02 | Variáveis cinemáticas angulares utilizadas no estudo, suas respectivas definições e unidade de medida..... | 50 |
| Quadro 03 | Variáveis cinemáticas espaço temporais utilizadas no estudo, suas respectivas definições e unidade de medida | 50 |
| Quadro 04 | Variáveis cinéticas utilizadas no estudo, suas respectivas definições e unidade de medida | 51 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabela 01 | Características físicas das crianças com SD e com DT (mediana e percentis) | 43 |
| Tabela 02 | Variáveis cinemáticas, espaço-temporais, cinética e coeficiente de variação na fase de propulsão do salto vertical de crianças do grupo SD e DT | 53 |
| Tabela 03 | Variáveis espaço-temporais e coeficiente de variação na fase de voo do salto vertical de crianças do grupo SD e DT | 66 |
| Tabela 04 | Variáveis cinemáticas, cinética e coeficiente de variação na fase de queda do salto vertical de crianças do grupo SD e DT | 70 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|-----------------|--|
| APAE | Associação de Pais e Amigos |
| APS-DOWN | Associação de Pais de crianças com Síndrome de <i>Down</i> |
| CAP | Centro de Aplicação Pedagógica |
| CM | Centímetros |
| COPEP | Comitê Permanente de Ética em Pesquisa com Seres Humanos |
| CV | Coeficiente de variação |
| DT | Desenvolvimento típico |
| FRS | Força de Reação ao Solo |
| KG | Quilogramas |
| MFRS | Menor força de reação do solo |
| PP | Pico de propulsão |
| PQ | Pico de queda |
| SD | Síndrome de <i>Down</i> |
| TMFRS | Tempo para atingir a menor força de reação do solo |
| TPP | Tempo para atingir o pico de propulsão |
| TV | Tempo de voo |
| UEM | Universidade Estadual de Maringá |
| UEL | Universidade Estadual de Londrina |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Objetivos | 3 |
| 1.1.1 Objetivo Geral | 3 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos..... | 4 |
| 1.2 Justificativa | 5 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 7 |
| 2.1 Desenvolvimento motor na infância | 8 |
| 2.2 Desenvolvimento motor de crianças com SD | 12 |
| 2.3 Análise biomecânica: cinemática e cinética salto vertical em crianças | 18 |
| 3 MÉTODO | 27 |
| 3.1 Caracterização da pesquisa | 27 |
| 3.2 População | 27 |
| 3.3 Amostra | 27 |
| 3.4 Instrumentos de medida | 29 |
| 3.5 Procedimentos para coleta de dados | 30 |
| 3.5.1 Preparo do ambiente experimental..... | 30 |
| 3.5.2 Preparo dos sujeitos | 32 |
| 3.6 Procedimento de coleta | 33 |
| 3.6.1 Procedimento de digitalização dos dados..... | 34 |
| 3.7 Caracterização das variáveis cinemáticas e cinéticas para a análise do salto vertical | 35 |
| 3.8 Análise Estatística | 37 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 38 |
| 4.1 Características cinemáticas e cinéticas da fase de propulsão durante o salto vertical em crianças | 38 |
| 4.2 Características cinemáticas espaço-temporais na fase de voo do salto vertical em crianças | 52 |
| 4.3 Características cinemáticas e cinéticas da fase de aterrissagem do salto vertical em crianças | 56 |
| 5 CONCLUSÕES | 63 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 66 |

| | |
|--|-----------|
| ANEXO | 73 |
| Anexo A: Termo de aprovação do comitê em Pesquisa com Seres Humanos ... | 74 |
| APÊNDICES | 76 |
| Apêndice A: Termo de consentimento livre e esclarecido da pesquisa..... | 77 |
| Apêndice B: Formulário de medidas antropométricas | 78 |

1 INTRODUÇÃO

Os padrões motores das crianças ganham crescente complexidade à medida que os sistemas neurais e musculoesqueléticos se desenvolvem, podendo o desenvolvimento motor ser percebido pela melhora progressiva das habilidades de movimento. Entretanto, algumas crianças apresentam déficits de coordenação motora e consequentes atrasos no desenvolvimento motor, quando comparadas com crianças com desenvolvimento típico, normalmente associada a desordens neurológicas e/ou psicológicas.

A Síndrome de *Down* (SD), originada da alteração do cromossomo 21, acarretando atrasos motores, de linguagem, e atrasos cognitivos acompanhados por vários graus de deficiência intelectual (MARCONDES, 1989; WERNECK, 1995, SCHWARTZMAN et al. 1999; TANI, 2005). A hipotonia e a frouxidão ligamentar são os principais fatores observados nas disfunções motoras deste grupo, principalmente na primeira infância, além da obesidade e da inatividade física (MANCINI, 2003, COLLI *et al.*, 2001, SMITH; ULRICH, 2001; GALLI *et al.*, 2008; PINHO, 2008). Esse conjunto de alterações motoras desencadeia atrasos locomotores, sendo evidenciado atraso significativo no início da marcha, bem como na corrida e nos saltos.

Dentre outros fatores importantes, percebidos em crianças com SD, estão as alterações em pronação do pé, que podem influenciar as cargas sofridas pelo aparelho locomotor durante atividades vigorosas como o salto vertical. Além do mais, um componente

importante para a realização de atividades locomotoras, é a capacidade de produção de força muscular, que em crianças com SD, apresentam dificuldade em gerar força muscular devido ao déficit no controle motor. (LINFANTE, 2009).

Em relação às habilidades motoras locomotoras, observa-se o salto vertical, uma habilidade motora fundamental utilizada em situações do cotidiano, no alcance de objetos em alturas elevadas ou para evitar obstáculos. Pelas crianças é utilizado nas muitas atividades infantis, tais como o pular corda, elástico, amarelinha e nas coreografias de músicas além das diferentes formas de movimentos esportivos. O salto se dá de forma isolada ou associada a outras habilidades, apresentando um padrão motor complexo, que requer o desempenho coordenado de todas as partes do corpo (GALLAHUE; OZMUN, 2005; UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998). O padrão “maduro” do salto vertical se dá aproximadamente aos 6 anos de idade, coincidindo com o notável ganho de força, força essa necessária para elevar o corpo do chão durante a ação do salto (GALLAHUE, OZMUN, 2005).

O salto vertical demonstra, em fases iniciais de aprendizagem, uma fase de propulsão com agachamento mais superficial, enquanto que crianças aos 6 anos de idade demonstram agachamentos mais profundos. Este fato se dá devido à crescente melhora da coordenação no salto e melhor desempenho articular. São percebidos maiores ângulos articulares, ou seja, a melhora da habilidade do salto, dependente do posicionamento dos segmentos corporais, representados pelos ângulos das articulações do corpo (ALVES, 2009; MELO *et al.*, 2008). Esta evolução também é percebida nas fases de voo e aterrissagem. A fase de voo em crianças que estão

aprendendo a saltar é menor, enquanto que crianças que já possuem experiências para o salto apresentam melhor extensão de joelho garantindo fase de voo maior, sendo influenciada pela fase de propulsão (ALVES, 2009). Na fase de aterrissagem, as crianças iniciantes demonstram maior dificuldade em estabilizar e coordenar o corpo durante e após a queda. Crianças novas e inexperientes demonstram cabeça e tronco flexionados durante atividades que utilizem o salto vertical. Em contraste, crianças com maior experiência utilizam a extensão de cabeça e de tronco durante ações que utilizem o salto vertical bem como maior flexão de quadril, com o aumento da idade durante a aterrissagem (THELEN; SMITH 1994; ALVES, 2009).

Embora muito tenha sido estudado e escrito sobre o desenvolvimento motor de crianças com SD, escassas são as informações encontradas em relação ao desenvolvimento motor dessas crianças em idade escolar, associados ao desenvolvimento motor (JENSEN; PHILLIPS; CLARK, 1994). Considerando os benefícios de avaliações mais apuradas no ramo do desenvolvimento motor infantil, abrangendo populações com prejuízos motores, incluindo a SD, elaborou-se a seguinte questão problema: **Quais são as características cinemáticas e cinéticas do salto vertical de crianças com Síndrome de *Down*?**

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar as características cinemáticas e cinéticas do salto vertical de crianças com síndrome de Down (SD) e com desenvolvimento típico (DT) com idade entre 6 a 10 anos

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever as características cinemáticas no salto vertical de crianças com Síndrome de *Down* com idade entre 6 a 10 anos;
- Descrever as características cinéticas do salto vertical de crianças com Síndrome de *Down* com idade entre 6 a 10 anos;
- Descrever as características cinemáticas do salto vertical entre crianças com Síndrome de *Down* e crianças com desenvolvimento típico;
- Descrever as características cinéticas do salto vertical entre as crianças com Síndrome de *Down* e crianças com desenvolvimento típico;
- Comparar as características cinemáticas do salto vertical entre as crianças com Síndrome de *Down* e crianças com desenvolvimento típico;
- Comparar as características cinéticas do salto vertical entre as crianças com Síndrome de *Down* e crianças com desenvolvimento típico;

1.2 Justificativa

Em crianças com SD, umas das principais características motoras é a hipotonia muscular encontrada em 100% dos portadores. A hipotonia, associada a alterações do sistema neurológico, pode afetar de modo direto o desenvolvimento motor, interferindo tanto de forma qualitativa como quantitativa na habilidade do salto vertical. O salto vertical é utilizado em muitos jogos de corrida com paradas bruscas e forte exigência de equilíbrio. Também é utilizado em jogos tradicionais e pode ser combinado com outras habilidades (CALOMARDE, CALOMARDE E ASENSIO, 2003). O salto vertical exige recrutamento muscular e coordenação (VIEL, 2001), sendo um padrão motor complexo, levando aproximadamente seis anos para que as crianças com desenvolvimento típico possam realizá-lo de forma efetiva, não tendo referências deste marco motor em crianças com SD. Sendo assim justifica-se a idade entre 6 e 10 anos devido ao fato de que anterior a 6 anos, as crianças encontram-se numa fase motora no qual não estão ainda estabelecidas a organização dos sistemas de transição e o refinamento de habilidades motoras.

Em grande parte, os estudos relacionados a salto vertical visam incrementar o desempenho de atletas (DAVIS *et al.*, 2003; SILVA; MAGALHÃES; GARCIA, 2005; HESPANHOL, 2007; TSUBAKI, *et al.*, 2009). Em se tratando das pesquisas feitas em indivíduos com SD, estas são voltadas à caracterização à análise da marcha e do equilíbrio quase que exclusivamente (SMITH; ULRICH, 2008; ULRICH; ULRICH; ÂNGULO-KINLER, 2001; KUBO; ULRICH, 2006). Fica evidente a necessidade de fundamentação teórica acerca das capacidades e limitações motoras destes indivíduos,

já que nos estudos pesquisados, raros são direcionados à análise cinética e cinemática do salto vertical de crianças com desenvolvimento típico e apenas um estudo de DiRocco; Clark; Phillip (1987) que questionou a habilidade do salto em crianças com necessidades especiais, não sendo descritas as síndromes estudadas.

Entender as características referentes às fases do salto vertical de crianças com SD é fundamental para traçar diretrizes que poderão ser utilizadas tanto na reabilitação quanto nas práticas recreativas e educacionais da Fisioterapia, Educação Física, Terapia Ocupacional e de outros profissionais que trabalham com indivíduos com SD, até mesmo no treinamento desportivo. Pretende-se, desta forma, ampliar estudos em crianças com SD explorando novas habilidades motoras, aqui, o salto vertical, para contribuir com as diferentes áreas de profissionais que atuam junto a essas crianças, possibilitando melhores formas de reabilitação e com isso, melhor qualidade de vida e desenvolvimento a esta população. Além do mais, tornando-se imprescindível o aprofundamento das pesquisas, visto a lacuna existente no que se refere ao desenvolvimento motor de crianças com SD.

2 Revisão de Literatura

É na infância que o desenvolvimento motor tem a melhor fase de aprendizado, caracterizando-se pela aquisição de uma ampla gama de habilidades motoras que possibilita à criança amplo domínio na manipulação de objetos, locomover-se de variadas formas pelo ambiente e manter diferentes posturas. É nesse período que as habilidades básicas, consideradas alicerces para a aquisição de habilidades específicas, são requeridas e utilizadas nas rotinas diárias indo desde a alimentação até condução de atividades lúdicas.

Sabe-se ainda que, as crianças passam por um processo de refinamento e desenvolvimento de habilidades motoras juntamente às mudanças sofridas pelos sistemas corporais, principalmente pelos sistema muscular, esquelético e nervoso, permitindo que as crianças produzam força adequada para promover movimentos e estabilidade, com padrões de movimento qualitativamente melhores, obtendo resultados de desempenho das habilidades (HAYWOOD; GETCHELL, 2004).

A tarefa do salto vertical está presente no cotidiano das crianças sendo, enquanto forma de locomoção ou habilidade motora, presente em atividades lúdicas ou esportivas, considerado um padrão motor complexo, pois requer de forma rápida grande recrutamento muscular (VIEL, 2001). No que tange aos estudos referentes ao

salto vertical e crianças, percebemos a lacuna existente quando buscamos a análise ao salto vertical de crianças com SD, que é o proposto por esse estudo.

Para tal, o presente tópico irá descrever características gerais sobre o desenvolvimento motor, dando ênfase ao desenvolvimento motor e aos aspectos biomecânicos de crianças com Síndrome de *Down*, durante a realização da tarefa do salto vertical.

2.1 Desenvolvimento motor na infância

O desenvolvimento motor é definido como o estudo das mudanças qualitativas e quantitativas de ações motoras do ser humano ao longo da vida, o qual se apresenta como um processo sequencial e contínuo, relacionado à idade, e, pelo qual o comportamento motor se modifica (SHEPHERD, 2002; PAIM, 2003; MALINA, 2003; HAYWOOD; GETCHELL, 2004). Em outras palavras, Rodrigues (1995) trata o desenvolvimento motor como as mudanças do comportamento motor, desempenho funcional e morfologia ao longo da vida.

Logo após o nascimento são necessárias adaptações ao novo ambiente, que se dá por meio de processos de crescimento e maturação, atuando velozmente no desenvolvimento da criança. Assim, à medida que a criança avança em idade, o desenvolvimento motor se aperfeiçoa mediante a progressão de movimentos, otimizando o desempenho, a partir de habilidades menos complexas para habilidades mais complexas, passando por fases pré-estabelecidas: fase movimentos reflexos,

habilidades motoras rudimentares, habilidades motoras fundamentais e habilidades motoras especializadas (HAYWOOD;GETCHELL, 2004; GALLAHUE; OZMUN, 2005).

A fase de movimentos reflexos é caracterizada por atividade motora involuntária. Nesta fase, os centros cerebrais inferiores são mais desenvolvidos que o córtex motor e comandam o movimento fetal e neonatal. Os centros cerebrais são capazes de causar reações involuntárias a inúmeros estímulos de intensidade e duração variadas. Os reflexos servem como meios primários pelos quais o bebê é capaz de reunir informações, buscar alimento e encontrar proteção ao longo do movimento (TECKLIN, 2002; SHEPHERD, 1995). A próxima fase, das habilidades motoras rudimentares, é desenvolvida na primeira infância e forma a base sobre a qual cada criança desenvolve ou refina os padrões motores fundamentais do início da infância, e as habilidades motoras especializadas da infância posterior e da adolescência (GALLAHUE; OZMUN, 2005).

Sendo assim, as habilidades motoras fundamentais são consequência da fase de movimentos rudimentares no período neonatal. Esta fase representa um período no qual as crianças pequenas estão ativamente envolvidas na exploração e na experimentação das capacidades motoras de seus corpos. Os padrões fundamentais de movimento são classificados em três categorias: movimentos de locomoção, manipulação e estabilização, e as mudanças qualitativas são observadas, de acordo com seu nível de desempenho, em estágios ou níveis específicos (MARQUES, 1995; PAIM, 2003).

Dentro dos padrões fundamentais Gallahue e Ozmun (2005) identificam três estágios sequenciais de movimento, sendo eles: o inicial, o elementar e o maduro. O *estágio inicial* representa as primeiras tentativas da criança a desempenhar uma habilidade fundamental. O movimento em si é caracterizado por elementos que faltam ou que são sequenciados e restritos, pelo uso exagerado do corpo e por fluxo rítmico e coordenação deficiente. Os movimentos são crus e desordenados, grosseiramente exagerados ou inibidos (RODRIGUES, 1995, PAIM, 2003; GALLAHUE; OZMUN, 2005). Estes padrões de movimento desordenados podem ser observados em crianças na faixa etária de 2 a 3 anos, quando estão aprendendo atividades lúdicas por exemplo.

O *estágio elementar* envolve maior controle e melhor coordenação rítmica dos movimentos fundamentais. É nele que aprimora-se a sincronização dos elementos temporais e espaciais do movimento, porém geralmente restritos ou exagerados, embora melhor coordenados. Nesse período de transição o desempenho coordenado e rítmico melhora e as crianças ganham melhor controle sobre seus movimentos, no entanto, os movimentos parecem um tanto inábeis e sem fluidez (PAIM, 2003; GALLAHUE; OZMUN, 2005). Já o *estágio maduro* é caracterizado por desempenhos mecanicamente eficientes, coordenados e controlados. Os movimentos são caracterizados pela integração de todas as partes que compõem um padrão de movimento dentro de uma ação bem coordenada, mecanicamente correta e eficiente. (PAIM, 2003; GALLAHUE; DONNELLY, 2008).

As habilidades motoras fundamentais da criança pequena, quando consideradas sob a perspectiva da maturação, tendem a aparecer automaticamente e, em sequência

previsível, aquém as influências externas. Em contrapartida, habilidades para praticar atividades como nadar, jogar tênis e patinar não aparecem automaticamente no indivíduo, requerendo um período de prática e experiência. Portanto, não se pode dizer que somente a maturação será responsável pelo desenvolvimento motor, pois o nível ou a extensão que as habilidades motoras atingem são tanto da maturação das estruturas corporais quanto do ambiente em que a criança vive. A sequência de progressão ao longo dos estágios é a mesma para a maioria das crianças, entretanto, o ritmo em que as mudanças ocorrem varia e está relacionado tanto à influência ambiental quanto às oportunidades à prática. Podemos observar que crianças de mesma idade podem estar no estágio inicial em algumas tarefas motoras e no estágio elementar ou maduro nas demais (SHEPHERD, 1995; HAYWOOD; GETCHELL, 2004; TECKLIN, 2002).

As habilidades motoras fundamentais podem ser progressivamente refinadas, combinadas e elaboradas para o uso em situações de crescentes exigências. Quando isso ocorre, elas recebem o nome de habilidades motoras especializadas, neste caso essas habilidades são usualmente percebidas em atletas ou pessoas que dedicam grande parte de sua vida no aprendizado de uma habilidade (GALLAHUE, OZMUN, 2005; AZEVEDO, 2009). Se o desenvolvimento é retardado ao longo de um período de anos, certas habilidades podem nunca mais ser atingidas em sua forma madura, se não houver considerável esforço e influência externa.

Atividades como caminhar, correr, pular, escorregar e saltar obstáculos são consideradas movimentos locomotores fundamentais, ou seja, são movimentos que

permitem que o corpo seja transportado em uma direção vertical ou horizontal de um ponto a outro, ou de um ponto ao mesmo ponto (ECKERT 1994; GALLAHUE; OZMUN, 2005; AZEVEDO, 2009). O termo locomoção refere-se ao processo pelo qual um corpo se move de uma posição geográfica para outra, incluindo início, parada, mudanças nas velocidades, alterações da direção e adaptações às mudanças da inclinação do terreno. O desempenho desses movimentos deve ser suficientemente flexível, de modo que possam ser alterados à medida que as necessidades do ambiente o exijam sem prejuízo ao objetivo do ato (ROSE; GAMBLE, 1998).

Crianças com desenvolvimento típico iniciam a marcha independente após os 9 meses de idade, com padrões imaturos que melhoram com o passar do tempo, sendo que aos 5 anos, a marcha apresenta os padrões próprios da marcha adulta (SHEPHERD, 2002). O movimento do salto precede a marcha e emerge assim que a criança adquire a habilidade de caminhar e correr, momento este no qual fica evidente a exploração do meio em que vive, geralmente a partir do segundo ano de vida, persistindo como uma tarefa instável ainda aos 3 ou 4 anos de idade (CLARK; PHILLIP; PETERSEN, 1989; JENSEN; PHILLIPS; CLARK, 1994). Este desenvolvimento é visto também em crianças com SD, porém, devido ao expressivo atraso motor, leva mais tempo para iniciar e se consolidarem os padrões motores básicos do salto vertical. O desenvolvimento motor global e, especificamente, do salto vertical de crianças com SD será nosso próximo assunto a ser abordado.

2.2 Desenvolvimento motor de crianças com SD

A SD, também chamada, quando descoberta, de mongolismo, resulta de uma aberração cromossômica, descrita pela primeira vez em 1866 pelo Inglês John Langdon Down (WERNECK, 1995; MOREIRA; EL-HANI; GUSMÃO, 2000). Estudos posteriores realizados por Jerome Lejeune e Patrícia Jacobs, descobriram que a SD era ocasionada por uma duplicação do braço longo do cromossomo 21 (BARBOSA *et. al.*, 2000). Causa distúrbios do desenvolvimento, resultando em alterações estruturais e funcionais em diferentes órgãos e sistemas do indivíduo.

As alterações da SD podem ser originadas por três fatores, perfazendo três variações da trissomia (CASTELÃO *et.al.*, 2003). A trissomia 21 simples que ocorre em 95% dos casos, caracterizada por uma anomalia do óvulo, ou espermatozóide no par 21. Trissomia 21 mosaico, que geralmente ocorre em 3% dos casos e é caracterizada por uma anomalia na segunda ou terceira divisão celular, levando a existência de células com 47 cromossomos e a trissomia 21 por translocação que ocorre em cerca de 2% dos casos, hereditário e sendo caracterizado por uma anomalia na formação do óvulo, espermatozóide, ou ainda no momento da divisão celular. Marcondes (1989) cita que a incidência de crianças com SD aumenta quando relacionada à idade materna avançada na ordem de 1:1500 aos 20 anos para 1:380 aos 35 anos e 1:28 aos 45 anos de idade.

O diagnóstico da SD é feito por conta da cariotipagem cromossômica, que pode ser realizada ainda durante a gestação, por análise citogenética das vilosidades coriônicas ou células do líquido amniótico (NUSSUBAUM; MCINNES, 2002). Porém, em geral a SD é diagnosticada ao nascimento ou logo após este, considerando as características dismórficas da criança. Mesmo quando constatado a SD, mas há como estabelecer um

prognóstico, tão pouco determinar um aspecto físico ou intelectual da criança, visto que não há graus para a SD, sendo o desenvolvimento decorrente de características individuais que são da própria herança genética, estimulação, educação, meio ambiente e problemas clínicos (SILVA; KLEINHANS, 2006).

Down evidenciou algumas características fenotípicas típicas características dos portadores da SD, sendo as mais evidentes: face arredondada e com perfil achatado, discreta inclinação dos olhos para cima, língua protusa, nariz pequeno, orelhas pequenas e com baixa implantação, pescoço curto e alargado, excesso de pele na nuca, linha transversa única na palma da mão (prega simiesca), maior separação entre o hálux e o segundo dedo do pé, baixa estatura, membros superiores e inferiores curtos, hipotonia muscular, frouxidão de ligamentos e instabilidade atlanto-axial, (SHERRIL, 1998; SCHWARTZMAN, 1999).

Portadores de SD apresentam concomitante ao atraso no desenvolvimento, cardiopatia congênita (40%); hipotonia (100%); problemas de audição (50 a 70%); visão (15 a 20%); instabilidade atlantoaxial (1 a 10%); distúrbios da tireóide (15%); problemas neurológicos (5 a 10%); obesidade e envelhecimento precoce (MOREIRA; EL-HANI; GUSMÃO, 2000). SCHWARTZMAN (1999) aponta que as alterações físicas, ocorridas juntamente à deficiência intelectual, podem interferir nas capacidades das crianças em desempenhar independentemente as diversas atividades de vida diária. Além do mais, esses déficits persistem na vida adulta.

Em relação ao sistema nervoso central, a criança com SD nasce, frequentemente, com hipoplasia nos lóbulos frontais e occipitais e redução do lóbulo temporal em até 50% dos casos. Observa-se, também em alguns casos, diminuição do corpo caloso, da comissura anterior e do hipocampo. Contudo, quando essas diferenças estruturais ou déficits sensoriais são analisados de forma isolada, estes se mostram insuficientes para explicar o comportamento motor de indivíduos com SD (CHEN; FANG, 2005). Flórez e Troncoso (1997) referem que os neurônios de indivíduos com SD sofrem alterações tanto na estrutura quanto na rede de comunicações, podendo influenciar diretamente os mecanismos de atenção, memória, capacidade de correlação e análise e pensamento abstrato, dentre outros. O cerebelo, segundo Flórez e Troncoso (1997), se mantém hipoplásico ocasionando perda de iniciativas e espontaneidades em aspectos motores. O processamento de informações também se dá de forma mais lenta na população de indivíduos com SD.

Alguns reflexos primitivos permanecem por um período maior do que deveriam, as reações posturais demoram a aparecer, contribuindo para distúrbios no controle postural e do equilíbrio (TECKLIN, 2002). Dentre os reflexos persistentes, observam-se os reflexos de preensão palmar e plantar, o reflexo de marcha e o reflexo de moro. As causas neurológicas para esses achados clínicos seriam, possivelmente, o atraso na maturação cerebelar e das vias corticais a partir do córtex motor, o tamanho pequeno do cerebelo e do tronco cerebral (KAGUE, 2004)

Indivíduos com SD apresentam baixa estatura em relação à população com desenvolvimento típico e relacionada a essa baixa estatura, o excesso de peso que se

acentua a idade. Observa-se ainda que, tal como os indivíduos com desenvolvimento típico, o gênero feminino com SD está mais propenso a apresentar estatura inferior e maiores valores, quando observadas as pregas de gordura subcutânea, em relação ao gênero masculino (PUSCHEL, 2002). Crianças com SD tendem a ser fisicamente menos ativas e a apresentar taxas metabólicas mais baixas, o que significa que ingressam na escola com excesso de peso (ULRICH *et.al.*, 1995).

Um componente importante para a realização das atividades de vida diária, e dentre elas, as atividades locomotoras é a capacidade de produção de força muscular, esta deficiente na SD. A diminuição do tônus muscular ou hipotonia é o principal fator nas disfunções observadas em crianças com SD, principalmente durante a primeira infância (ALMEIDA, 2000; MORRIS; MAGIEKE; RELLER, 1982). Tônus muscular é definido como a resistência oferecida pelo músculo ao alongamento passivo, sendo a hipotonia uma diminuição dessa resistência, em consequência da diminuição da atividade reflexa e/ou alterações das propriedades mecânicas dos tecidos (STOLOV, 1960).

O tônus está intimamente ligado às funções de equilíbrio estático e dinâmico e as regulações mais complexas do ato motor que asseguram as repetições harmoniosas das influências facilitadoras ou inibidoras do movimento. A hipotonia generalizada causa danos ao desenvolvimento motor e na infância pode ser proveniente do atraso da mielinização do sistema nervoso central (UMPHRED, 1994), tendo tendência a diminuir espontaneamente, com o passar do tempo, todavia permanecendo por toda a vida, em graus diferentes.

São evidenciados, nas habilidades motoras das crianças com SD, atrasos nas aquisições de marcos motores básicos, como sentar, andar, correr e saltar, indicando que os marcos motores para esta população emergem em tempo tardio ao das crianças com desenvolvimento típico (SCHWARTZMAN, 1999; MANCINI et al, 2003). O quadro 01 descrito por Rolle (1979) e adaptado por Lara e Rodrigues (2008), refere-se à comparação dos padrões de movimentos entre as crianças com desenvolvimento típico e crianças com SD.

| | DESENVOLVIMENTO TÍPICO | SÍNDROME DE DOWN |
|---|--|--|
| De pé, caminhando e correndo | Não bamboleia; corre bem; sobe e desce escadas | Medo de cair; caminha com pés separados; pernas ligeiramente flexionadas |
| Equilíbrio e salto | Fica sobre uma perna; salta para frente | Menor número de pontos de apoio; centro de gravidade elevado |
| Preensão manual | Agarra a bola pequena; come e desenha sozinho | Punho flexionado; sensibilidade dos dedos diminuída |
| Percepção visual | Focaliza exata e rapidamente; desenvolve conceitos de Totalidade; diz o nome de todas as cores; visão totalmente desenvolvida; reconhece os símbolos numéricos | Dificuldade de fixação; falta de concentração; visão de cores tardia; a cabeça normalmente Acompanhará os Movimentos oculares |
| Percepção auditiva | Pode ser persuadido; obedece instruções orais prontamente; executa três ordens curtas dadas conjuntamente | Não escuta os sons se não se houver concentração para ouvir |
| Percepção tátil | Reconhece as coisas pelo tato sem vê-los; diz onde dói; prepara seu próprio banho; regula a temperatura | Pode ocorrer perda total ou parcial dos sentidos táteis; não dizer "não toque"; sentidos de dor menos desenvolvidos; orientação para aprender avaliar diferentes temperaturas |
| Percepção de direção | Palavras: para frente, para trás; começa a usar palavras direcionais | Deve ser encorajado a engatinhas no chão; consciência de direção |
| Percepção de espaço | Palavras: ao redor da mesa, ao redor de si próprio. Palavras: atrás, diante Palavras: no meio | Percepção mais lenta; (trabalhar comparações entre objetos e suas características) |
| Coordenação olho/ mão | Constrói torres de 9 blocos (cubos de 2,5cm); veste-se parcialmente; sabe usar botões grandes; desenha "um homem"; lava as próprias mãos e o rosto; veste-se sozinha; colore bem as figuras; amarra o cordão dos sapatos | Deve ser estimulada a fazer o mesmo que uma criança normal; encorajar a agarrar objetos com uma e ambas as mão; estender objetos a partir d todos os lados; usar objetos pequenos para estimular a preensão digital. |
| Fala | Monólogos longos; frases longas; faz perguntas constantes; fala quase correta e claramente | Dificuldade na pronúncia de palavras; frases soltas; dificuldades variadas no desenvolvimento da linguagem atribuída às características físicas ou ambientais |
| Consciência corporal | Tenta desenhar "um homem"; diz nome de muitas partes do corpo; desenha "um homem"; distingue o pesado/leve; consciência da tensão e da relaxação muscular | Apresenta atraso enorme a ponto de não receber o estímulo de que o normal desfruta ao ser cuidado; método para desenvolvimento; adquiri coordenação de sentidos |
| Dominância manual direita-esquerda | Conhece seu próprio lado esquerdo e direito | Aprende mais tarde, e alguns não desenvolvem nítida dominância |

Quadro 01 Comparação dos padrões de movimentos entre crianças com Síndrome de Down e desenvolvimento típico.

Fonte: Rolle (1979) adaptado por Lara e Rodrigues (2008).

Indivíduos com SD são pertencentes à população especial, e a forma mais lenta com que o desenvolvimento motor se dá, aponta a crescente necessidade de se buscar

novos conhecimentos sobre a SD, visto ser um assunto que recebe vasta atenção da comunidade científica, ainda apresenta lacunas em marcos motores específicos como o salto vertical, tanto nos aspectos de desenvolvimento motor quanto biomecânicos. Referente a esta lacuna o próximo passo deste estudo será de inserir conhecimento oportuno sobre a cinemática e a cinética do salto vertical na população de crianças com desenvolvimento típico e retratar o pouco que se sabe em crianças com deficiências motoras, dentre elas a SD.

2.3 Análise biomecânica: cinemática e cinética salto vertical em crianças

O Salto vertical é referido como a ação de projetar o corpo no ar e aperfeiçoa-se à medida que a criança adquire força elevando o corpo do solo e melhorando a velocidade de movimento de membros, progredindo de um salto com partida e aterrissagem sobre um pé para um salto com partida e aterrissagem sobre os dois pés (CLARK; PHILLIPS; PETERSEN, 1989; ECKERT, 1993). O padrão maduro do salto vertical torna-se evidente por volta dos 6 anos de idade, (GALLAHUE; OZMUN, 2005) que é quando a coordenação do salto fica muito similar nos indivíduos (VANRENTERGHEM *et.al.*; 2004).

Segundo Calomarde, Calomarde e Asensio (2003), o salto vertical é definido como a projeção do corpo por meio de impulsos e suspensão momentânea no ar, seguido pela queda do corpo no mesmo ponto de partida. Para Gallahue e Ozmun (2005) o salto vertical é um movimento que requer desempenho coordenado de todas as partes do

corpo, sendo o impulso e a aterrissagem feita com ambos os pés. O sistema motor utiliza-se de diferentes combinações de forças musculares ou de ações motoras equivalentes para seu desempenho, exigindo contrações excêntricas e concêntricas nas diferentes fases do movimento.

Um eficiente controle motor, boa coordenação muscular, elevados níveis de força e potência, boa técnica de execução do movimento, além de mobilidade articular garantirão ao salto vertical melhor deslocamento de todo o corpo contra a ação da gravidade e manutenção da postura vertical em uma situação de grande instabilidade (ALMEIDA; RIBEIRO DO VALE; SACCO, 2001; MOURÃO; GONÇALVES, 2008).

A sequência de movimentos do salto vertical pode ser dividida em três fases: impulsão, voo e aterrissagem e estão representadas na Figura 01 (CALOMARDE; CALOMARDE; ASENSIO, 2003; WILLIAM, 2008):

- Fase de impulsão: Esta fase é marcada por outras duas fases: excêntrica e concêntrica. A fase excêntrica inicia-se a partir do movimento na posição vertical ereta, seguida por um abaixamento do centro de massa, devido a uma flexão do quadril e do joelho; a transição para a fase concêntrica ocorre imediatamente antes dos segmentos corporais se encontrarem em seu mais baixo contramovimento, sendo representado pela menor força de reação do solo na fase de propulsão. Na aceleração do corpo para cima na fase concêntrica, quadris e joelhos estendem. Quando os membros estão completamente

estendidos, incluindo a flexão plantar da articulação do tornozelo, o corpo é impulsionado dando início à fase de voo. A fase de propulsão é a fase determinante do desempenho do salto, uma vez que a maior altura a ser alcançada é dependente principalmente da velocidade inicial dada ao corpo e pela extensão adequada dos membros inferiores.

- Fase de voo: Inicia-se assim que o corpo desloca-se do solo a uma certa velocidade de decolagem, que será reduzida pela ação da aceleração gravitacional, e uma altura máxima será atingida. A trajetória no espaço será finalizada pelo retorno do corpo à superfície. Os membros inferiores impulsionam o corpo com extensão total de suas articulações. Durante a fase de voo, estas mesmas articulações flexionam e voltam a estender no momento de aterrissagem.
- Fase de aterrissagem: Após o voo, retoma-se o contato com o solo, preferencialmente com uma posição flexionada dos segmentos.

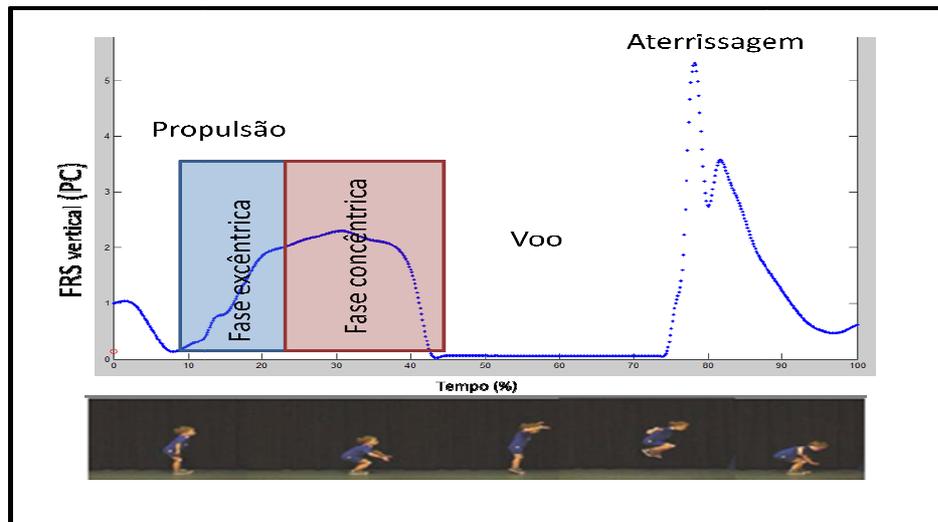


Figura 01 Representação das fases do salto vertical

Durante a cinemática, os ângulos articulares fornecem informações quantitativas sobre os parâmetros angulares realizados pelas crianças durante o salto vertical. Crianças mais jovens apresentam pobre coordenação dos segmentos corporais resultando em pequenas distâncias do salto, tempo de voo inferior a de crianças mais velhas, além de grandes projeções angulares assumindo maior flexão dos segmentos dos membros inferiores durante a fase de voo e de aterrissagem (DiROCCO; CLARK; PHILLIPS, 1987; MELO *et al.*, 2008). Quando analisado o salto de crianças com desenvolvimento típico e crianças com deficiência intelectual é observado que crianças com deficiência intelectual tem padrão de coordenação dos segmentos similares, porem são incapazes de gerar força necessária para projetar o corpo para frente como as crianças com desenvolvimento típico. Outro fator importante demonstrado por Dirocco, Clark e Phillips (1987) é que a distância do salto aumenta com o avanço da idade devido à maturação dos segmentos corporais.

Observando estudos sobre a cinética do salto vertical McClay *et al.*, (1994) define a FRS como uma força que indica a intensidade e a duração do estresse ao qual o corpo é submetido durante o contato com a superfície, permitindo identificar quais movimentos apresentam componentes de alto impacto e quão rapidamente esses impactos ocorrem. Rose e Gamble (1998) consideram a componente vertical da FRS como a principal força na FRS devido à magnitude de força em relação às outras. E ainda, Amadio e Duarte (1996) citam que a componente vertical da FRS é a que melhor caracteriza a carga sobre o aparelho locomotor.

Durward, Baer e Rowe (2001) demonstram na Figura 02, o salto vertical analisado através da FRS do vertical. Os autores dividem o salto vertical em 7 fases: Fase 01- antes do início do movimento, a FRS vertical é igual ao peso do corpo. Os membros inferiores irão flexionar-se, durante a fase excêntrica, o FRS vertical cai abaixo do peso corporal, sendo conhecida como movimento descendente. No final da fase 01 o corpo estará se movendo com máxima velocidade para baixo. Fase 02 - Ocorre uma desaceleração da velocidade para baixo até o corpo parar no ponto mais baixo antes da ação do salto ou o menor valor da força de reação (MFRS). É nesse momento que a energia é armazenada. Fase 03 - A fase concêntrica inicia-se demonstrando a aceleração do corpo verticalmente para cima, sendo a área 03 a principal representante da ação propulsora da atividade do salto. Quando a curva de força passa para mais da metade do peso corporal, haverá um pequeno retardamento da aceleração para cima antes do final da fase três no momento da decolagem. Esta é a fase concêntrica e durante esta fase, os membros inferiores estão estendidos reutilizando a energia armazenada e também ativando a produção de FRS vertical até o instante de decolar.

Para a Fase 04 - O corpo perde o contato com solo, sendo esta conhecida como fase de voo. A duração da fase de voo é importante porque o corpo pode ser considerado em voo livre, no qual a primeira metade do tempo da fase de vôo apresentará velocidade para cima e a segunda metade representará o retorno para o solo com velocidade para baixo. Portanto, é possível calcular a altura atingida no salto, conhecendo-se o tempo de voo e o valor da aceleração gravitacional. Fase 05 - O corpo chega ao solo ocorrendo o contato inicial primeiramente com a planta do pé seguido por um aumento rápido da força na medida em que a perna e o resto do corpo desaceleram rapidamente para baixo. Valores de força máxima acima de duas vezes o peso corporal são regularmente observadas em cada pé nesta fase. Fase 06 - Para recuperar a altura, o indivíduo continua a aplicar força acima da metade do peso corporal através do pé e o corpo acelera para cima novamente. Fase 07 - Nesta fase a recuperação ocorre para a velocidade zero, com o centro de massa geralmente se aproximando da altura normal do indivíduo em pé e a força sobre cada pé supondo simetria da carga.

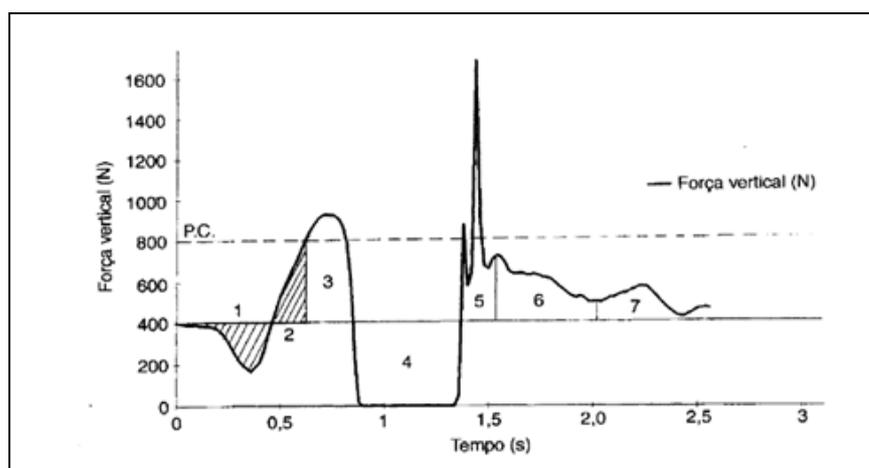


Figura 02 Ilustração das fases e força vertical de reação do solo durante o movimento do salto vertical normalizado pelo peso corporal.
Fonte: Durward, Baer e Rowe, 2001.

O salto vertical, além de ser dividido em três fases, ainda apresenta duas subfases na fase de aterrissagem no qual cada subfase ocorre um pico de força vertical, sendo o primeiro representando o contato do antepé e o segundo, geralmente maior, representando o contato do calcanhar (BAUER *et al.*, 2001):

- Subfase Passiva, que consiste dos primeiros 50 a 80 milissegundos nos quais não ocorre nenhuma ativação muscular voluntária em resposta às forças repentinas de impacto de alta frequência que são aplicadas ao pé dentro desse intervalo de tempo;
- Subfase Ativa, na qual se imagina que uma atividade muscular excêntrica adicional a fim de resistir à flexão da extremidade inferior que ocorre, e que leva o movimento do corpo para zero (SIMPSON; CIAPPONI; WANG, 2003; McNITT-GRAY, 2004).

Independente do tipo de salto, a aterrissagem representa uma situação de grande estresse mecânico aplicado ao aparelho locomotor e o sistema neuromuscular tem grande ação sobre o aparelho locomotor nesta fase do salto, sendo responsável pelos mecanismos protetores que envolvem os segmentos corporais antes do início do contato com o segmento inferior ao solo, promovendo um maior controle do choque mecânico, no contato do segmento corporal com o solo (PAIN; CHALLIS, 2008). O contato inicial do pé no solo produzirá um grau de carga muito rápido e alcançará forças acima de duzentos por cento do peso corporal, seguindo um período de acomodação no solo durante o retorno da posição vertical ereta do indivíduo (DURWARD; BAER; ROWE, 2001).

O pé absorve os choques e as vibrações decorrentes de grandes cargas, sendo que a atividade muscular de desaceleração (contração excêntrica) é grandemente utilizada durante o salto no momento da aterrissagem. A aterrissagem de saltos repetidos solicita não apenas uma cadeia de músculos, mas também uma cadeia tendinosa de estruturas fibrosas, com a densidade de colágeno variável: tendão quadriciptal, tendão patelar, tendão de Aquiles e aponeurose plantar, no qual a pressão dissipa-se simultaneamente em cada uma delas (VIEL, 2001).

As diferentes alterações musculoesqueléticas do pé podem influenciar as cargas sofridas pelo aparelho locomotor durante atividades vigorosas, que geram maiores cargas, como é o caso do salto vertical, principalmente na fase de aterrissagem. Indivíduos com características extremas de pronação do pé, como é o caso de crianças portadoras de Síndrome de Down, podem gerar diminuição da mobilidade das articulações envolvidas, acentuando a rigidez articular e conseqüente dificuldade em gerar energia no contato com o solo (SOARES, 2007), influenciando diretamente a habilidade do salto.

Pesquisas estudando a fase de aterrissagem do salto vertical têm encontrado resultados controversos. Swartz *et al.* (2005) compararam o padrão motor do salto vertical entre crianças e adultos, em relação à FRS e às variações angulares de joelho e quadril durante a aterrissagem. Perceberam que nenhuma diferença entre as variáveis estudadas foi encontrada quando comparações entre os sexos foram realizadas, diferente de Yu *et al.* (2005), que encontraram diferenças significativas nos

ângulos de flexão do joelho entre meninas e meninos, sendo que as meninas diminuíram estes ângulos com o decorrer da idade e aumentaram o valgismo do joelho. No estudo de Swartz *et al.* (2005) as crianças demonstraram maior valgismo de joelho e menor flexão de quadril durante o contato inicial e a máxima FRS; Durante a máxima FRS, foi encontrada menor flexão de joelho associada à maior amplitude da FRS vertical junto com um tempo menor para atingir essa magnitude. Estes resultados sugerem que crianças tem menor capacidade para absorver as forças de impacto e que influências do desenvolvimento maturacional sobre os padrões de aterrissagem podem ocorrer.

A quantificação das forças e suas relações na realização de tais movimentos tornam-se importantes para a caracterização biomecânica na maturação do salto vertical das crianças. A habilidade do salto vertical é parte integral de movimentos que são usados todos os dias nas atividades física, recreativas e no desporto através de combinações de forças musculares, excêntricas e concêntricas, nas diferentes fases do movimento. O estudo do desenvolvimento do salto em diferentes populações é necessário para compreender as diferenças existentes e interferir de forma eficaz. Desta forma, dentro de um contexto científico torna-se pertinente o estudo de variáveis cinemáticas e cinéticas do salto vertical em crianças com SD, sendo este o tema abordado neste estudo.

3 MÉTODO

3.1 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa tem caráter descritivo, haja visto que para Thomas; Nelson, (2002), e Matto *et al.* (2004) este tipo de pesquisa tem como características observar, registrar, analisar e descrever fatos ou fenômenos, procurando descobrir com precisão a frequência em que um fenômeno ocorre e sua relação com outros fatores.

3.2 População

A população foi composta por crianças com síndrome de *Down* matriculados na APS-Down de Londrina e na APAE da cidade de Maringá e crianças com desenvolvimento típico matriculadas no CAP-UEM.

3.3 Amostra

A partir do contato com a Escola de Educação Especial - APAE (Associação de pais e amigos dos Excepcionais) de Maringá, Associação de Pais de Crianças com Síndrome de *Down* (APS-*Down*) de Londrina e no Colégio de Aplicação Pedagógica (CAP) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) foi realizado um levantamento documental para serem identificadas, primeiramente, as crianças com SD e com DT, que tinham entre 6 a 10 anos de idade e após contato com os pais e/ou responsáveis pelas

crianças, e feito o convite de participação. Como critérios de inclusão foram estipulados: estar dentro da faixa etária para o estudo, anuência do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (Apêndice A), nenhuma alteração ortopédica grave que impedisse o salto com ressalva o pé plano em crianças com SD. Grau de comprometimento intelectual de leve a moderado para as crianças com SD, sendo esta classificação feita pela instituição de ensino da qual as crianças foram recrutadas.

Os responsáveis por 15 crianças com SD e de 60 crianças do grupo DT consentiram na participação de seus filhos e constituíram a amostra do estudo que 15 crianças com DT foram selecionadas, de forma pareada, atendendo os critérios: gênero, idade, estatura e peso corporal, a fim de minimizar os efeitos de variáveis intervenientes que pudessem influenciar as comparações. Ainda, três crianças do grupo SD, foram excluídas com seus pares devido à dificuldade que apresentaram no entendimento do procedimento de coleta. Sendo assim, fizeram parte deste estudo 24 crianças com idade biológica entre 6 e 10 anos, divididas em 2 grupos: 12 crianças com SD e 12 crianças com DT.

Para caracterização da amostra e verificação dos critérios de pareamento foi utilizado o teste estatístico U de *Mann-Whitney* sendo comparado: idade, estatura e massa, não revelando diferenças entre os grupos ($P \geq 0,05$). Em relação ao gênero, 34% do gênero foram do gênero masculino e 66% do gênero feminino.

Tabela 01 Características físicas das crianças com síndrome de *Down* e com desenvolvimento típico (mediana e intervalo interquartilico).

| | SD | DT | P-valor |
|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Idade (anos) | 8,00 (6 – 10) | 8,00 (6 – 10) | 1,00 |
| Estatura (cm) | 121,00 (108 – 140) | 129,50 (109 – 143) | 0,19 |
| Massa (Kg) | 26,00 (16 – 43) | 27,50 (16 – 44) | 0,75 |

O projeto foi aprovado pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (COPEP) da UEM sob o número 677/2010 (Anexo A).

3.4 Instrumentos de medida

Como instrumentos de medida foram utilizados ficha cadastral para identificação das crianças; Balança e fita métrica para a aquisição dos dados de peso corporal e estatura. Para captura dos dados cinemáticos, utilizou-se uma câmera digital da marca Casio Exilim EX-FH20. A aquisição de imagens foi ajustada em 210 quadros por segundo, o *shutter* ajustado em 1/150 e os demais parâmetros da câmera ajustados manualmente e fixos durante a coleta de dados. Depois de ajustada, a câmera foi posta em modo de espera (*pause*) a cada salto. Acoplado a câmera, utilizamos um iluminador. Para os dados cinéticos uma plataforma de força da *EMG System* modelo *Byomec 400*, com dimensões de 50x49x10cm. Esta consiste de duas superfícies rígidas, interligadas por sensores de força. É composta por quatro células de carga localizadas uma em cada canto da plataforma, tendo a função de capturar dos dados referentes à componente vertical da força de reação do solo (FRS). A aquisição dos sinais da plataforma de força

foi realizada com o programa *EMGLab (EMG System do Brasil)* com frequência de aquisição de 500Hz. A plataforma de força foi acoplada a um tablado de madeira, formado por 8 blocos, com dimensão total de 1,5x1,5x0,10m. Também utilizamos um Sincronizador da marca *IMG System* tendo à função de emitir sinal luminoso à câmera e sinal elétrico ao programa da plataforma de força concomitantemente, para que assim obtivéssemos a sincronização dos dados.

3.5 Procedimentos para coleta de dados

3.5.1 Preparo do ambiente experimental

As crianças foram avaliadas em datas e horários pré-agendados, nas respectivas escolas onde estudavam em sala apropriada e realizada pela pesquisadora e colaboradores participantes do Laboratório de Biomecânica e Comportamento Motor da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Como observado na Figura 03, que representa o ambiente experimental para reconstrução 2D do salto vertical, no centro da sala o tablado de madeira foi posicionado, sobre material antiderrapante e recoberto por papel contact, com o intuito de manter a união dos blocos. A plataforma de força da marca *EMG System*, modelo *Biomec 400*, foi acoplado centralmente ao tablado, sendo demarcada por fita amarela com o objetivo de que as crianças realizassem o salto vertical sobre a área demarcada.

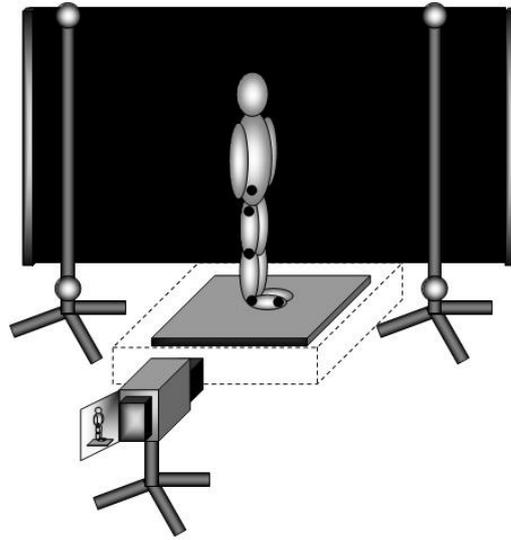


Figura 03 Representação do ambiente experimental

Para aquisição dos dados cinemáticos, a câmera digital marca Casio Exilim EX-FH20 foi posicionada perpendicularmente ao plano de referência para que o plano sagital direito da criança fosse filmado e anexado à câmera, um iluminador para explorar a reflexividade e o contraste dos marcadores. Um sincronizador da marca EMG System foi fixado em uma das hastes do sistema de referência, localizado perpendicularmente à câmera digital e acionado via gatilho pelo pesquisador ao início de cada salto vertical. Com isso, um sinal luminoso era emitido à câmera e um sinal elétrico enviado e armazenado pelo programa da plataforma de força para normalizar o início e o final do salto vertical e, posteriormente, sincronizar os dados cinéticos e cinemáticos. O ambiente experimental foi circundado por tecidos da cor preta para acentuar o contraste.

Para a filmagem existiu um sistema de calibração, que define a reconstrução em 2D do mundo real, no qual as coordenadas espaciais são obtidas por meio de pontos com coordenadas X e Y. Para tal, o plano de referência foi delimitado por duas hastes de alumínio com altura de 1,70 cm tendo marcadores esféricos retroreflexivos nas extremidades e distantes entre si 1,70 cm. Permanecendo durante todo o experimento ao lado do tablado.

3.5.2 Preparo dos sujeitos

Após preparo do ambiente experimental, a criança foi recebida no local de coleta passando por um período de adaptação com os equipamentos, os pesquisadores e com o ambiente de coleta. Para realização do experimento, as crianças permaneceram descalças usando o mínimo de roupa possível. O procedimento de coleta iniciou com a aquisição de medidas antropométricas (Apêndice B): massa corporal e estatura. Posteriormente afixamos marcadores, confeccionados de material retrorefletivo da marca 2M, formato esférico e raio de 5cm, com fita dupla face em pontos anatômicos específicos, de acordo com o modelo biomecânico da Figura 04. Os procedimentos de marcação dos pontos anatômicos foram feitos na sequência, segundo Okazaki (2006): Identificação das regiões anatômicas representativas dos membros inferiores do hemicorpo direito: 1- pé (5^o metatarso); 2- tornozelo (maléolo lateral); 3- joelho (côndilo femoral lateral); 4- quadril (trocânter maior); 5- pelve (Espinha ilíaca antero superior) e 6-ombro (acrômio); Afixação dos marcadores retrorefletivo nos pontos específicos dos segmentos corporais já mencionados. A união dos pontos anatômicos foi utilizada para demarcar os segmentos corporais: pé (1-2); perna (3-4); coxa (4-5) e tronco (5-6). A

junção formada pelos dois segmentos forneceu os ângulos relativos no modelo biomecânico da articulação do tornozelo (pé/perna), joelho (perna/coxa), quadril (coxa/pelve), além do ângulo absoluto do tronco em relação a horizontal. Foram definidos os ângulos internos das articulações do tornozelo, joelho e quadril para análise.

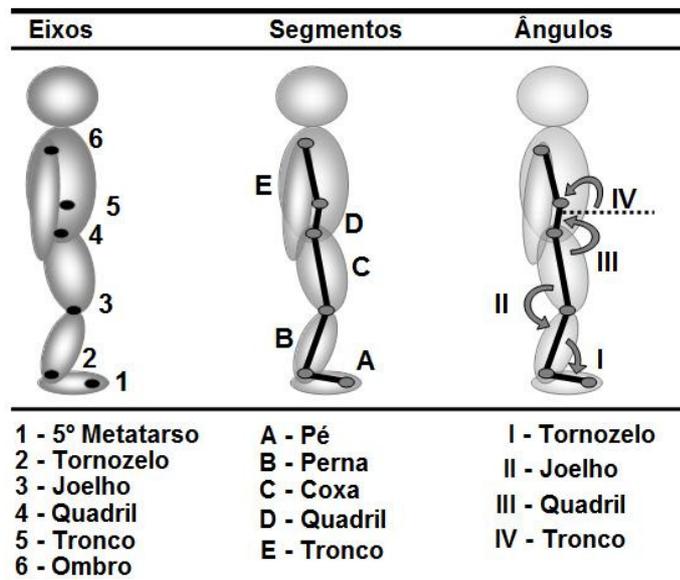


Figura 04 Modelo Biomecânico

3.6 Procedimento de coleta

A criança foi posicionada com os pés paralelos no centro do tablado sobre a plataforma de força demarcada pela fita amarela. Primeiramente, o pesquisador demonstrou a tarefa do salto vertical para criança, posteriormente ao sinal do “comando verbal” a criança realizou três saltos verticais, com intervalo de trinta segundos entre eles. Os saltos com aterrissagem fora da superfície da plataforma de força foram descartados e repetidos.

3.6.1 Procedimento de digitalização dos dados

Para os dados cinemáticos, as filmagens já em formato AVI foram salvas em um computador e editadas no *Software FadeToBlack*. Primeiramente as imagens foram editadas formando arquivos únicos para cada salto, utilizando o sinal luminoso do sincronizador para delimitar cada salto. Em um segundo momento, a partir dos arquivos únicos do salto, foram delimitados o ciclo do salto vertical, sendo o início determinado por 10 quadros anteriores à flexão das articulações de quadril ou joelho e o final determinado 70 quadros após o instante no qual os pés tocam o chão na fase de aterrissagem. Este procedimento foi semelhante ao realizado por Hudson (1986).

Após a edição das imagens, para a reconstrução do salto vertical em 2D, utilizamos o *Software SkillSpector* versão 1.5, sendo que o procedimento de detecção de marcadores contidos em regiões de interesse foi feito manualmente, gerando uma coordenada vertical e outra horizontal da tela do computador para cada marcador.

Os dados foram normalizados em função do tempo em uma escala de 0 a 100%. Esse procedimento é necessário para comparar diferentes repetições em diferentes indivíduos, já que existe a probabilidade de que, cada repetição, independentemente de ser o mesmo indivíduo ou não, tenha duração do ciclo ligeiramente diferente devido à variabilidade do movimento humano (BARELA; DUARTE, s/d).

Os dados cinéticos adquiridos pela plataforma de força foram arquivados em planilhas de dados em formato '.txt' para edição. Utilizou-se o sinal elétrico do sincronizador para

delimitar cada salto vertical, sendo que para definição do ciclo do salto vertical para os dados cinéticos, foram utilizados os frames dos dados cinemáticos para efeito de comparação, considerando o número total de frames dos dados cinemáticos tratados a 100% do ciclo, por meio de cálculos matemáticos.

Os dados da componente vertical do salto vertical foram normalizados temporalmente de 0 a 100% com intervalos de 1% sendo feita a normalização da amplitude dos valores da FRS pelo peso corporal. Utilizou-se ainda o *software* Matlab, para calcular e plotar gráficos referentes às variáveis cinemáticas e cinéticas. Realizamos a suavização dos dados a partir do filtro digital *Butterworth* de 4^a ordem, com frequência de corte de 4Hz. Além do mais, da mesma forma como, Harst; Gokeler; Hof, (2007), realizamos a média das três tentativas do salto vertical para efeito de análise.

3.7 Caracterização das variáveis cinemáticas e cinéticas para a análise do salto vertical

As variáveis foram agrupadas em variáveis cinemáticas (deslocamentos/ângulos e espaços-temporais) e cinéticas normalizadas em função do tempo e variáveis cinéticas também normalizadas em função do tempo e pelo peso corporal e descritas nos Quadros 02, 03 e 04.

| Variáveis Cinemáticas Angulares | Sigla | Variável | Descrição | Un. |
|---------------------------------|---------|--|---|-------|
| | ATrMFRS | Ângulo absoluto do Tronco no menor valor da FRS | Ângulo absoluto formado pelo tronco e o eixo vertical imaginário. | Graus |
| | AQMFRS | Ângulo relativo do quadril no menor valor da FRS | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta da coxa e a pelve | Graus |
| | AJMFRS | Ângulo relativo do joelho no menor valor da FRS | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta da perna e a coxa | Graus |
| | ATMFRS | Ângulo relativo do tornozelo no menor valor da FRS | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta do pé e a perna | Graus |
| | ATrPP | Ângulo absoluto do Tronco no pico de propulsão | Ângulo absoluto formado pelo tronco e o eixo vertical imaginário. | Graus |
| | AQPP | Ângulo relativo do quadril no pico de propulsão | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta da coxa e a pelve | Graus |
| | AJPP | Ângulo relativo do joelho no pico de propulsão | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta da perna e a coxa | Graus |
| | ATPP | Ângulo relativo do tornozelo no pico de propulsão | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta do pé e a perna | Graus |
| | ATrPQ | Ângulo absoluto do Tronco no pico de queda | Ângulo absoluto formado pelo tronco e o eixo vertical imaginário. | Graus |
| | AQPQ | Ângulo relativo do quadril no pico de queda | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta da coxa e a pelve | Graus |
| | AJPQ | Ângulo relativo do joelho no pico de queda | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta da perna e a coxa | Graus |
| | ATPQ | Ângulo relativo do tornozelo no pico de queda | Ângulo relativo formado pelos segmentos de reta do pé e a perna | Graus |

Quadro 02 Variáveis cinemáticas angulares utilizadas no estudo, suas respectivas definições e unidades de medida.

| | Sigla | Variável | Descrição | Un. |
|--|-------|--|---|-----|
| Variáveis Cinemáticas Espaço - Temporais | TMFRS | Tempo para atingir o menor FRS | Tempo despendido desde o início da preparação para saltar até o instante de menor valor da força vertical aplicada sobre a plataforma durante a propulsão. Obtido a partir do início do movimento para execução do salto até o ponto de menor valor da força vertical | S |
| | TPP | Tempo para atingir o pico de propulsão | Tempo despendido desde o início da preparação para saltar até o instante de maior aplicação de força sobre a plataforma. Obtido a partir do início do movimento para execução do salto até o ponto de maior valor de força vertical na curva durante a propulsão | S |
| | TV | Tempo de Vôo | Obtido a partir da perda de contato com a plataforma até o instante de colisão com a plataforma. Definido como o tempo em que a plataforma não registra sinal algum | S |
| | ALT | Altura do centro de massa | Obtido a partir da formula: $H=T^2 * g/8$ no qual H=altura do voo; T=tempo total e voo; g= aceleração da gravidade | M |

Quadro 03 Variáveis cinemáticas espaço - temporais utilizadas no estudo, suas respectivas definições e unidades de medida.

| | Sigla | Variável | Descrição | Un. |
|----------------------------|-------|--|--|--------------|
| Variáveis Cinéticas | MFRS | Menor força de reação do solo na propulsão | Menor valor encontrado na curva de FRS durante a fase de propulsão. | Força/ Pc |
| | PP | Pico de propulsão | maior força vertical aplicada na plataforma de força durante a propulsão. | Força/ Pc |
| | PQ | Pico de queda | Definida como sendo o maior valor encontrado na curva de força quando ocorre a queda sobre a plataforma. | Força/ Pc |

Quadro 04 Variáveis cinéticas utilizadas no estudo, suas respectivas definições e unidades de medida.

3.8 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o *software* SPSS (versão 15.0) e foi adotado $P \leq 0,05$. Para todas as variáveis foi aplicado o teste de *Shapiro-Wilk*, sendo verificado que os dados apresentaram normalidade. Sendo assim para análise descritiva foi utilizado: média (\bar{x}), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%). Para comparação entre grupos pareados utilizamos Teste *T Student* para amostras independentes. O coeficiente de variação para cada indivíduo, com base nas três tentativas, foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$CV = \frac{DP}{\bar{x}} \times 100\%$$

Sendo: DP= desvio padrão
 \bar{x} = média

Sendo que CV menor ou igual a 15% é considerado baixa dispersão - homogênea, estável; Entre 15 e 30% , média dispersão e maior que 30% - alta dispersão – heterogênea (BARROS, ano).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliadas as características cinemáticas e cinéticas do salto vertical de crianças com síndrome de *Down* entre 6 e 10 anos e, posteriormente, realizada a comparação de variáveis cinemáticas e cinéticas do salto vertical de crianças com síndrome de *Down* e crianças sem síndrome de *Down*, consideradas com desenvolvimento típico. Para melhor compreensão dos resultados obtidos, os dados foram divididos nas três fases do salto vertical: fase de propulsão, fase de voo e fase de aterrissagem.

4.1 Características cinemáticas e cinéticas da fase de propulsão durante o salto vertical em crianças

Na fase de propulsão, o movimento inicia-se com flexão maior ou menor do quadril, joelho, tornozelo e tronco, realizando uma força excêntrica (UMBERGUER, 1998, GATTI, 2005). Na Tabela 02 são identificadas as variáveis angulares espaço-temporais e cinéticas nesta fase, tanto para as crianças com SD quanto para as crianças com DT. Tendo como referência que um ciclo completo do salto vertical é representado por 100%, a fase de propulsão como um todo se fez presente nos primeiros 45% do ciclo total do salto vertical, para as crianças do grupo SD e os primeiros 43% do ciclo total, para as crianças do grupo DT.

Tabela 02 Variáveis cinemáticas, espaço-temporais, cinéticas e coeficiente de variação na fase de propulsão do salto vertical de crianças com SD e DT

| Variável | SD | | | DT | | | P-valor |
|-----------------------------|----------------|----|-------|----------------|----|-------|---------|
| | \bar{x} | DP | CV | \bar{x} | DP | CV | |
| Cinemáticas (°) | | | | | | | |
| ATrMFRS | 12,73 ± 14,28 | | 11,20 | 23,37 ± 13,01 | | 5,56 | 0,07 |
| AQMFRS | 121,70 ± 23,88 | | 19,62 | 100,85 ± 18,08 | | 17,92 | 0,02* |
| AJMFRS | 123,07 ± 15,76 | | 12,80 | 104,57 ± 6,99 | | 6,68 | 0,00* |
| ATMFRS | 91,26 ± 11,77 | | 12,89 | 92,46 ± 8,63 | | 9,33 | 0,78 |
| ATrPP | -3,48 ± 7,16 | | 20,50 | 7,98 ± 7,61 | | 95,36 | 0,15 |
| AQPP | 152,11 ± 11,31 | | 7,43 | 145,27 ± 13,95 | | 9,60 | 0,20 |
| AJPP | 167,23 ± 7,76 | | 4,64 | 167,83 ± 12,53 | | 7,46 | 0,88 |
| ATPP | 137,41 ± 10,86 | | 7,90 | 150,38 ± 9,32 | | 6,19 | 0,00* |
| Espaço-Temporais (s) | | | | | | | |
| TMFRS | 0,06 ± 0,10 | | 16,60 | 0,12 ± 0,03 | | 25,00 | 0,62 |
| TPP | 0,35 ± 0,19 | | 54,20 | 0,36 ± 0,06 | | 16,66 | 0,76 |
| Cinéticas (PC) | | | | | | | |
| MFRS | 0,69 ± 0,17 | | 24,63 | 0,40 ± 0,15 | | 37,50 | 0,00* |
| PP | 2,23 ± 0,44 | | 19,73 | 2,94 ± 0,27 | | 9,18 | 0,00* |

* $P \leq 0,05$, média e desvio padrão. NOTA: Variáveis cinemáticas: ATrMFRS = Ângulo absoluto do Tronco no menor valor da FRS; AQMFRS = Ângulo relativo do quadril no menor valor da FRS; AJMFRS = Ângulo relativo do joelho no menor valor da FRS; ATMFRS = Ângulo relativo do tornozelo no menor valor da FRS. ATrPP = Ângulo absoluto do Tronco no pico de propulsão; AQPP = Ângulo relativo do quadril no pico de propulsão; AJPP = Ângulo relativo do joelho no pico de propulsão; ATPP = Ângulo relativo do tornozelo no pico de propulsão. Variáveis espaço-temporais: TMFRS = Tempo para atingir o menor FRS; TPP = Tempo para atingir o pico de propulsão. Variáveis cinéticas: MFRS = Menor força de reação do solo na propulsão; PP = Pico de propulsão.

Do percentual total da fase de preparo, os 20% iniciais referem-se ao menor valor da força de reação do solo, das crianças do grupo DT e 30% iniciais das crianças do grupo SD, caracterizando o primeiro pico da curva dos movimentos angulares do tronco, quadril, joelho e tornozelo.

Diferenças foram observadas entre os grupos SD e DT para o movimento angular do quadril e joelho durante o primeiro pico de força na fase de propulsão do salto vertical, ou seja, durante o menor valor da força de reação ao solo.

As crianças com SD apresentaram ângulos de movimentação do quadril superiores na menor força de reação do solo, quando comparada às crianças com DT. Estes dados implicam que as crianças com SD apresentaram menor grau de flexão do quadril e joelho durante a menor força de reação do solo do que as crianças com DT. Para Viel, 2001, quanto maior o rebaixamento do centro de massa, melhor o armazenamento de energia para a propulsão do salto vertical.

Com relação aos movimentos angulares do tronco e tornozelo, estes não apresentaram diferenças, contudo percebeu-se que os movimentos do tronco, durante o pico, a menor força de reação do solo apresentaram de modo assimétrico em relação às tentativas do salto vertical entre as crianças com SD e DT, sendo observado que no grupo DT ocorreu anteriorização de tronco superior quando comparado ao grupo SD, fato este, que possibilita melhor impulsão para o salto vertical nas crianças com SD, todavia, quando analisados os movimentos articulares como um todo, a otimização da impulsão por meio a flexão das articulações envolvidas não ocorre da mesma forma nas crianças com SD como nas crianças com DT, visto as crianças com SD apresentarem flexão inferior. A articulação do tornozelo, que realiza neste instante do salto vertical, dorsiflexão, apresentam valores praticamente idênticos para ambos os grupos.

Clark e Philips (1989) fazem referência à ineficiência da flexão como tronco, sendo ocasionada pela possível inabilidade em posicionar o quadril durante a fase de impulsão do salto vertical, e com isso, refletindo em uma crescente inabilidade do controle do tronco. Alves (2009) analisou o salto vertical de crianças entre 5 e 15 anos, e também constatou que quando as crianças realizam maior flexão de joelho e quadril

durante a fase de propulsão com coordenação entre os segmentos articulares, verifica-se maior abaixamento do centro de massa e conseqüentemente, melhor preparo para as fases seguintes.

Jensen e colaboradores, (1994) vão ao encontro dos referidos dados, salientando que quando a fase de propulsão é realizada com boa eficiência de impulsão motora, melhores resultados são percebidos nas fases do salto vertical que seguem. Fukashiro *et al.* (2005) ressaltam que, durante a fase de propulsão do salto vertical em atletas de futebol americanos, os valores angulares do tronco sempre foram inferiores, relacionando este dado à maior plantiflexão do tornozelo e menor flexão do joelho. Dados estes que podem refletir a relação entre tronco e joelho.

Corroborando com os resultados do presente estudo, Alves (2009), Jensen e colaboradores (1994) e Wang *et al.* (2002) abordam a questão da inabilidade na utilização do alongamento muscular, durante o menor valor de força de reação ao solo, imprescindível na fase de propulsão, caracterizando, com isso, resultados inferiores aos adultos na avaliação dos segmentos do quadril, joelho. Os autores ainda sustentam que o aumento na distância da subida entre o menor valor de força de reação ao solo e o pico de propulsão poderia produzir maior energia durante a decolagem, aumentando a velocidade do centro de gravidade no momento de decolagem e, conseqüentemente, o aumento da altura do salto vertical.

O fato das crianças com SD terem apresentado valores inferiores em relação aos ângulos de flexão do quadril e joelho quando comparado às crianças com DT, vão ao

encontro da literatura (GALLAHUE; OZMUNN, 2005) no qual se verifica que crianças em estágios maturacionais inferiores, assim como as crianças com SD, apresentam tendência à menor flexão das articulações dos membros inferiores, executando o salto mais verticalmente.

Ainda em relação às variáveis cinemáticas angulares na fase de propulsão do salto vertical, foi analisado o pico de propulsão. Apenas o ângulo do tornozelo apresentou diferença entre os grupos SD e DT. Constatou-se que as crianças com SD realizaram plantiflexão inferior as crianças com DT.

Caracterizado como o último marco importante da fase de propulsão, o pico de propulsão é momento no qual maior força do corpo é aplicada ao solo (ALVES, 2009; DURWARD *et al.*, 2001). Neste momento, os membros inferiores realizam extensão do quadril, joelho e plantiflexão do tornozelo, gerando força positiva, indicando ação concêntrica (UMBERGUER, 1998). O tronco tem a função de auxiliar a impulsão pra cima do centro de massa por meio de sua extensão, sendo representada neste estudo, por valores angulares negativos e a flexão de tronco representada por valores angulares positivos. Quando comparado os valores entre os dois grupos, observou-se extensão de tronco inferior no grupo SD. Jensen *et al* (1994) mencionam que a dificuldade em estender o tronco durante o pico de propulsão, pode influenciar de forma negativa a impulsão e a altura do salto durante a fase de voo.

Acredita-se que o que possibilitou a aceleração das crianças com SD durante o pico de propulsão foi o movimento angular do quadril, demonstrada por uma melhor amplitude

em extensão desse segmento. Os segmentos do joelho e do tornozelo durante o pico de propulsão apresentaram extensão inferior ao grupo DT, porém sem diferença entre os grupos.

Wang *et al.* (2004) fazem referência à fase de propulsão do salto vertical, evidenciando que a tendência do desenvolvimento dos membros inferiores para o salto em questão é de aumentar a fase de agachamento e melhorar a extensão ao final da fase, sendo esta no salto vertical, semelhante a do salto horizontal. Wang *et al.* (2004) propõem que, na fase de propulsão do salto horizontal, existe a necessidade de produção de energia das extremidades inferiores antes da decolagem para que o corpo possa se projetar do chão. Crianças com 6 anos de idade não apresentam boa extensão das extremidades inferiores resultando em fraca impulsão e conseqüentemente, distâncias curtas na fase de voo (JENSEN *et al.*, 1994; UMBERGUER, 1998; ALVES, 2009).

Assim como no estudo de Mancini *et al.* (2003), no qual as crianças com SD apresentaram atraso no desenvolvimento motor de aproximadamente dois anos, o grupo SD do presente estudo assemelham-se às crianças de seis anos com desenvolvimento típico quando se retrata a fraca impulsão e a dificuldade na extensão completa das extremidades inferiores durante o pico de propulsão. Sendo esta afirmativa sustentada pelas características clínicas da patologia, frouxidão ligamentar resultante de desordens teciduais e hipotonia, além de diminuição da força muscular citada também por Cioni *et al.* (1994). Para Galli *et al.* (2008) a combinação destes problemas impede a estabilização articular dinâmica podendo até favorecer o aumento

de deformidades músculo–esqueléticas, assim dificultando o aprendizado e principalmente a realização da habilidade motora do salto vertical.

Schwinden *et al.* (s/d) também encontraram valores angulares (extensão) para os membros inferiores em crianças, no estágio maduro proposto por Gallahue e Ozmun (2005), demonstrando melhor controle segmentar na fase de propulsão, do salto horizontal, no qual as crianças tendem a manter as pernas e o tronco estendidos. Wang *et al.* (2002) observaram que crianças apresentam imatura função articular do joelho, dificultando a extensão efetiva dos membros inferiores, limitando a decolagem, ou seja, a fase de voo.

Durante a fase de propulsão, foram analisadas as variáveis cinemáticas espaço-temporais (Figura 05) para identificação das mudanças que ocorrem na posição e localização do corpo durante um período de tempo.

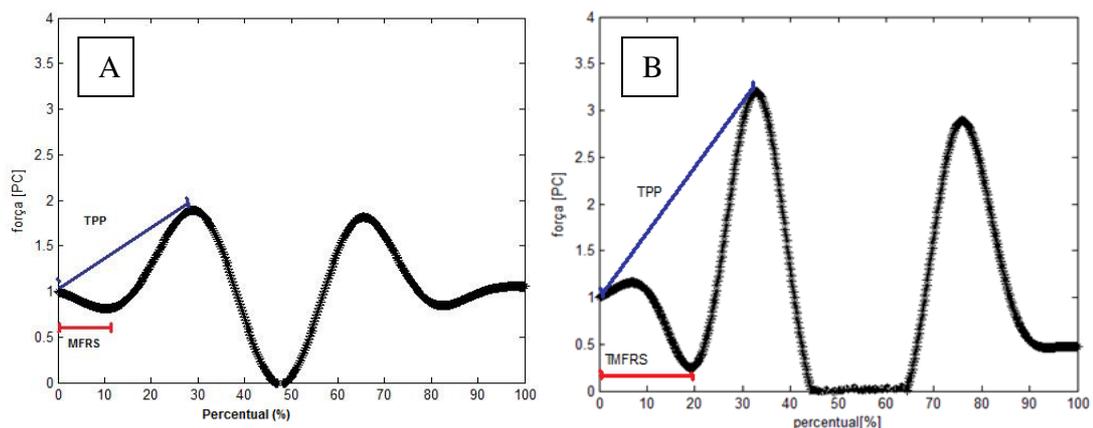


Figura 05 Figura A. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança com SD identificando as variáveis espaço-temporais TMFRS e TPP; Figura B. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança com DT identificando as variáveis espaço temporais TMFRS e TPP.

Por meio da análise dos resultados não foram constatadas diferenças entre o tempo necessário para que as crianças de ambos os grupos atingissem o ponto de menor força de reação do solo, ou seja, as crianças com SD utilizaram praticamente o mesmo tempo gasto pelas crianças com DT (0,06 e 0,12 s) para atingir o instante de tempo de menor força de reação do solo. Para o grupo SD o tempo do pico de propulsão foi inferior quando comparada aos resultados apresentados pelas crianças com DT, ou seja, as crianças com SD cumpriram a fase de propulsão de forma mais rápida que as crianças com DT.

A força a qual as crianças com SD impuseram durante o menor valor de força de reação ao solo, demonstrou maior incapacidade em rebaixar o centro de massa permanecendo com o peso corporal superior ao das crianças com DT, bem como para o tempo para atingir o pico de propulsão que também foi inferior nas crianças com SD. Pode-se afirmar que as crianças com SD demonstraram grande oscilação em relação ao tempo despendido para atingir o pico de propulsão, mesmo assim, foram mais rápidas que as crianças com DT, embora não tendo apresentado diferença com significância estatística.

Estes valores indicam que, ao realizar a preparação para o salto vertical, as crianças com SD são incapazes de controlar eficientemente e direcionar as forças dos membros inferiores, tendo desempenho e coordenação temporal inferior ao grupo DT. Estudo de Neelly e Zebas (1994) demonstrou justamente que as crianças com DT desempenham de forma mais efetiva a coordenação temporal no salto vertical que grupos menos eficientes.

No instante em que a criança inicia o salto vertical, ou seja, no início da fase de propulsão, partindo da posição ereta, um marco cinético importante é a menor força de reação do solo. É neste momento que a energia para a impulsão do salto vertical é armazenada (VIEL, 2001), além de que, quando a criança atinge posição de força mínima, a extensão dos membros inferiores aumenta e maiores distâncias podem ser alcançadas durante a fase de voo (WANG, *et al.*, 2002; WU *et al.*, 2003; JENSEN *et al.*, 1994).

Em relação às variáveis cinéticas, durante a fase de propulsão foi analisado o menor valor de força de reação e o pico de propulsão, representados na Figura 06 (A e B). Como observado na Tabela 02, o menor valor de força de reação do solo para as crianças com SD foi superior em relação aos dados das crianças com DT (0,69 vezes o peso corporal (PC) e 0,40 PC respectivamente). As crianças com SD realizaram abaixamento do centro de massa inferior as crianças com DT. Diante deste fato fica evidente a diferença da variável menor valor de reação ao solo entre os grupos, no qual as crianças com SD permaneceram com peso corporal superior ao das crianças com DT.

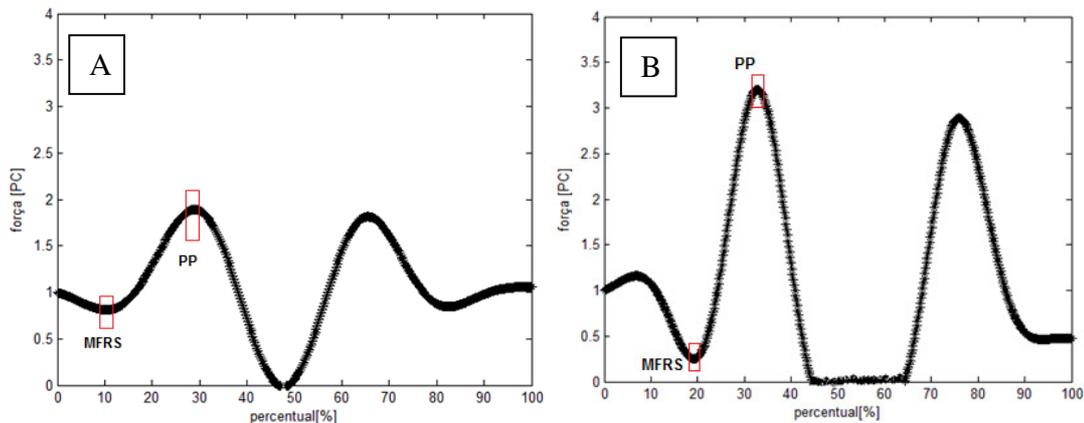


Figura 06 Figura A. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança com SD identificando as variáveis cinéticas MFRS e PP; Figura B. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança com DT identificando as variáveis cinéticas MFRS e PP.

Estes dados revelam grande redução da força provocada pela ação da força da gravidade, uma vez que o movimento de flexão dos membros inferiores, enquanto a criança se prepara para o salto, foi no mesmo sentido desta força. Melo e Gress (2004) reforçam a afirmativa evidenciando que, além da força na mesma direção que a força da gravidade exercida pelas crianças, a desativação do percentual de fibras motoras ocorre para que seja possível a contração dinâmica excêntrica dos músculos extensores dos membros inferiores, no instante de menor força de reação ao solo, na fase de propulsão, em que ocorre a flexão dos membros inferiores.

Outra variável cinética analisada durante a fase de propulsão é o pico de propulsão, que determina a maior força vertical aplicada ao solo durante a propulsão (ALVES, 2009). Quando comparados os valores do pico de propulsão entre as crianças com SD e com DT, percebeu-se que as crianças com SD realizaram força vertical no pico de propulsão inferior as crianças com DT (média de 2,23PC e 2,94PC respectivamente).

Entende-se com os referidos dados que as crianças com SD apresentaram diferença e obtiveram impulso inferior do centro de massa contra a gravidade para iniciar a fase de voo no salto vertical tendo como base os valores das crianças com DT.

Estes dados nos permitem observar a dificuldade que as crianças com SD têm em realizar força suficiente e auxiliar o impulso do centro de massa contra a gravidade na preparação para a fase de voo. Melo *et al.* (2008) verificaram a força durante o pico de propulsão em crianças de idades semelhantes, constatando que crianças no estágio inicial aplicaram, em média, mais força ($2,55 \pm 0,25PC$) para saltar seguido das crianças do estágio elementar ($2,39 \pm 0,34PC$) e por fim, as crianças do estágio maduro ($2,35 \pm 0,61PC$). Melo e Gress (2004) analisaram variáveis cinéticas do salto horizontal em crianças de 5 e 6 anos verificando força no pico de propulsão de $2,74PC$.

A descida preparatória no agachamento, analisados no instante de menor valor de força de reação ao solo pode ter influenciado a extensão dos membros inferiores e tronco durante o pico de propulsão, sendo observado que as crianças com SD apresentaram coordenação insuficiente, observada durante a coleta de dados, para controlar os segmentos dos membros inferiores, principalmente do tornozelo. Estes dados revelam inconsistente coordenação do salto vertical, ou, podem caracterizar a estratégia mais eficiente para essas crianças com SD realizarem o salto vertical. Estender adequadamente os membros antes da fase de voo é fator importante para o salto, muito embora, as crianças com SD, não conseguiram estender de forma efetiva os membros inferiores no final da fase de propulsão devido à imaturidade na função dos sistemas corporais e influência das disfunções musculoesqueléticas proposto por Silva

e Kleinhans, (2006), bem como produção de força necessária para elevar o centro de gravidade como descrito por Jensen *et al.*, (1994), perdendo contato com o solo e iniciando a fase de voo.

Analisando os coeficientes de variação durante a fase de propulsão observamos que para o menor valor de força de reação ao solo, apenas o segmento do quadril em ambos os grupos, apresentaram valores considerados como índices médios de variabilidade (19,62 e 17,92, respectivamente), além do mais, os coeficientes de variação foram superiores para as crianças com SD quando observados os coeficientes de variação das crianças com DT na fase de propulsão.

Em estudo realizado por Schwinden *et al.* (s/d) foi comparada a variabilidade (CV) entre os estágios maturacionais nas três fases do salto vertical, sendo que na fase propulsiva foram encontradas variabilidades entre 7,73 e 13,33% para o estágio elementar e para o estágio maduro entre 6,95 e 22,66%, constatando que, com a evolução maturacional, a criança tende a melhorar a coordenação dos movimentos e assim diminuir a variabilidade na realização da tarefa, neste caso, do salto vertical. Dados que vão ao encontro do presente estudo já que foi observada que, mesmo com grupos pareados, as crianças com SD demonstram ter maiores dificuldades motoras que as crianças com DT, no sentido de coordenar vários segmentos corporais ao mesmo tempo na execução de uma tarefa motora.

Durante o pico de propulsão, no fase de propulsão, os coeficientes de variação se mostraram com índice médio de dispersão para os valores do tronco em ambos os

grupos analisados. Considerando os índices superiores de variabilidade durante o movimento angular do tronco no instante do pico de propulsão tanto nas crianças com SD e com DT, Melo *et al.* (2008) faz referência às altas taxas de variabilidade sobre o salto vertical em crianças com desenvolvimento típico e atribuiu esse fato ao considerar a ampla faixa etária, bem como a estratégia individual adotada pelas crianças na execução da tarefa motora proposta. Constata-se que a faixa etária no presente estudo foi entre 6 e 10 anos, fato este que também pode ter influenciando a variação dos dados. Da mesma forma observada por Melo *et al.*, (2008) nota-se que as crianças com SD do presente estudo apresentaram de forma muito mais evidente estratégias individuais para realizar a tarefa motora proposta. Gallahue e Ozmun (2002) afirmam que indivíduos com maior maturidade no salto vertical poderiam apresentar menor variabilidade no padrão do salto vertical.

A variabilidade do padrão do salto vertical nas crianças com SD para o segmento do tronco pode ser explicado pelo fato de que neste grupo, as disfunções neurológicas que interferem na aprendizagem das tarefas motoras, afetam a instalação e as consolidações das conexões de redes nervosas necessárias para estabelecer os mecanismos da atenção, memória, a capacidade de correlação e análise; Também geram alterações a nível cerebelar cujo papel deste órgão seria o de ajustar os movimentos corporais, integrando as informações proprioceptivas e as sensações sinestésicas para realizar os movimentos voluntários. Além do que as crianças com SD sofrem influências sobre o modo como devem desenvolver os grupos musculares distintos, contribuindo para manter o equilíbrio e ajudar a relacionar os padrões de movimentos (SILVA; KLEINHANS, 2006). Também estão susceptíveis a alterações

musculoesqueléticas que irão comprometer a intensidade e a velocidade de contração muscular (BARBOSA, 2005).

Em se tratando do coeficiente de variação das variáveis cinemáticas espaço-temporais na fase de propulsão do salto vertical, verifica-se que ambos os grupos apresentaram valores médios e altos, sendo o tempo para atingir o pico de propulsão para as crianças com SD merecedor de destaque. Esses dados representam uma heterogeneidade nas variáveis analisadas, ou seja, tanto as crianças com SD quando com DT, utilizaram tempos diferentes para realizar o abaixamento e após vencer a ação da gravidade deslocar-se do chão.

Analisando as variáveis cinéticas na fase de propulsão, os dados referentes ao coeficiente de variação durante o menor valor de força de reação ao solo e do pico de propulsão no grupo SD apresentaram ampla variação da forças imposta, sendo também observada média variabilidade para o menor valor da força de reação do solo, no grupo DT. Deste modo é apontada heterogeneidade na intensidade da força entre as crianças, que segundo Melo e Gress (2004) podem ser atribuídos às características individuais ou dificuldades no controle na fase de propulsão do salto vertical.

Ao avaliar e comparar os grupos com SD e DT, notou-se que existe diferença na forma com as crianças utilizam os membros inferiores, tanto no instante de menor força de reação ao solo quanto no pico de propulsão, durante o movimento do salto vertical. A força imposta pelas crianças com SD durante a fase de propulsão se mostraram inferiores ao das crianças com DT, demonstrando dificuldade na geração de força.

4.2 Características cinemáticas espaço-temporais na fase de voo do salto vertical em crianças

As variáveis espaço-temporais, obtidas na fase de voo, apresentadas e representadas na Tabela 03 e Figura 07 (A e B), respectivamente.

Tabela 03 Variáveis espaço-temporais e coeficiente de variação na fase de voo do salto vertical de crianças com SD e DT

| Variável | SD | | | DT | | | P-valor |
|-----------------------------|-------------|----|-------|-------------|----|-------|---------|
| | \bar{x} | DP | CV | \bar{x} | DP | CV | |
| Espaço-Temporais (s) | | | | | | | |
| TV | 0,17 ± 0,10 | | 58,82 | 0,45 ± 0,16 | | 35,55 | 0,00* |
| ALT | 0,04 ± 0,01 | | 25,00 | 0,24 ± 0,21 | | 87,50 | 0,00* |

* $P \leq 0,05$, média e desvio padrão. NOTA: TV = Tempo de Voo; ALT = altura do centro de massa.

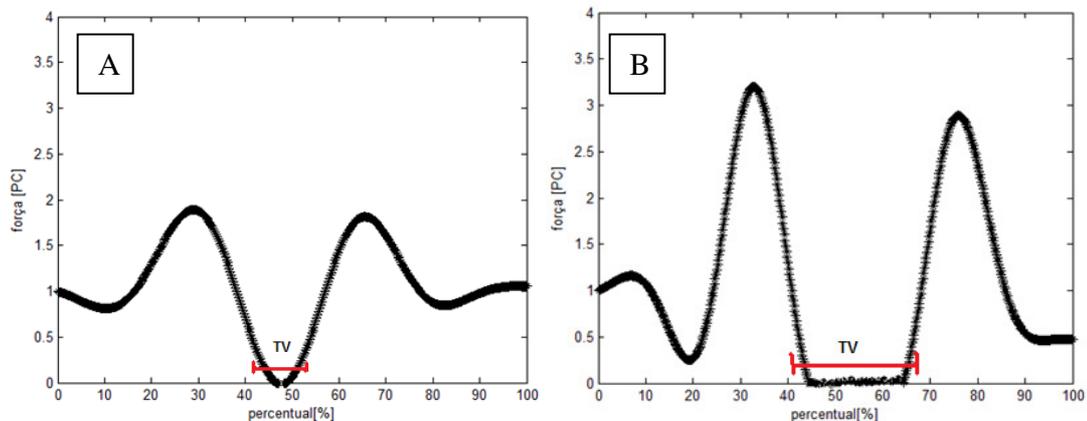


Figura 07 Figura A. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança com SD identificando a variável espaço temporal TV; Figura B. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança com DT identificando a variável espaço-temporal TV.

A fase de voo nas crianças com SD iniciou-se próximo a 46% do ciclo total do salto vertical e as crianças com DT iniciaram em aproximadamente 44% do total de 100% do ciclo do salto vertical. Durante a fase de voo, as crianças do grupo SD demonstraram

resultados inferiores em relação ao tempo de voo, quando comparado ao grupo DT, sendo que houve diferença entre grupos. Resultados estes, demonstraram a dificuldade das crianças com SD para se manterem por maior tempo na fase de voo, visto que a fase de voo é dependente da fase de propulsão (JENSEN *et al.*, 1994).

Em relação à altura atingida durante a fase de voo, as crianças com SD atingiram alturas inferiores a das crianças com DT com diferença entre os grupos. Os dados apresentados apontam para a dificuldade das crianças com SD sustentarem a massa corporal quando o contato com o solo é inexistente. Provavelmente pela dificuldade em realizar propulsão adequada devido a alterações musculoesqueléticas, tais como hipotonia e frouxidão ligamentar.

Wang *et al.* (2002) realizaram um estudo avaliando as diferenças cinemáticas e cinéticas do salto vertical entre crianças com média de 6 anos e adultos, no qual as crianças daquele estudo apresentaram altura média do salto de 21 cm, apresentando valores para altura do voo superior ao encontrado no presente estudo, bem como o estudo de Gerodimos *et al.*, (2008) que analisaram a influência do balanço dos braços durante o salto vertical em um grupo de indivíduos, dentre eles crianças com média de 12 anos de idade que apresentaram altura média de voo de 30 cm e Temfemo *et al.*, (2009) apresentando 25 cm em média para a altura do salto vertical em crianças com média de 11 anos de idade de ambos os sexos.

DeSato *et al.*, (2007) mencionam que na tarefa do “*Drop Jump*”, a altura do salto pode ser atribuída em partes pela ação excêntrica durante a extensão do joelho, justo por

que ao saltar em direção ao chão a extensão do joelho e tornozelo resultam numa ação excêntrica e esta energia é rapidamente convertida em contração concêntrica para que o indivíduo realize a fase de voo com melhor desempenho. Observamos em nosso estudo que, as crianças com síndrome de *Down* não foram tão eficientes quanto as crianças com desenvolvimento típico para a realização do flexionamento e posteriormente, extensão das articulações do joelho e tornozelo, podendo ser inferido uma ineficácia da atividade da ação excêntrica/concêntrica dos músculos relacionado aos valores inferiores da altura do voo.

A ineficiência do tempo de voo e altura alcançada pelas crianças com SD pode ser reflexo da fase de propulsão já que para Dirroco e colaboradores (1987) ações coordenadas pobres de membros inferiores durante a fase de propulsão podem resultar em distâncias de salto pequenas, devido à diminuição da velocidade do voo, altas projeções angulares ou ambas. Melo *et al.*, (2008) relatam que, quando as crianças realizam maiores projeções angulares favorecendo melhor agachamento, maiores alturas parecem ser atingidas. Jensen *et al.* (1994) completam, ainda, que a dificuldade na altura máxima do salto e tempo de duração deste pode ser devido à insuficiência de força, vigor e extensão completa e deficiências posturais. Crianças com retardo intelectual apresentam padrões de coordenação similar ao de crianças com desenvolvimento típico porém são incapazes de gerar força de reação necessária para projetar seu corpo igualmente a crianças com desenvolvimento típico. Nas crianças com SD, além das dificuldades impostas pelo atraso cognitivo, os déficits motores parecem influenciar de forma negativa o desempenho do salto.

Pouco tem sido estudado em relação às alterações no desempenho do salto em crianças com SD, porém pode-se afirmar que quando avalia-se a marcha em crianças com SD, características como abdução e rotação interna de quadril, diminuição da flexão de joelho e valgismo, rotação externa da tíbia, e pronação dos pés são alterações estruturais que causam alterações que dificultam o andar e equilibrar-se nos dois pés (FELÍCIO *et al.*, 2008; WANG *et al.*, 2002). Os resultados podem sugerir que essas alterações estruturais associadas à hipotonia, hipermobilidade articular e à frouxidão ligamentar possam estar relacionadas à dificuldade das crianças com SD gerar forças e coordenar de maneira eficiente o salto vertical, visto que dentre as formas de locomoção, o salto vertical exige grande habilidade do executante.

Mancini *et al.* (2004) salientaram que mesmo as crianças com SD tendo revelado desempenho motor inferior na aquisição da marcha em relação a crianças com desenvolvimento típico, esse desempenho do padrão motor inferior não se mantém constante durante o desenvolvimento, visto que as alterações musculoesqueléticas e a vivência, a prática motora auxiliam o desempenho dos padrões motores.

São esclarecidos os coeficientes de variação das variáveis cinemáticas espaço-temporais na fase de voo do salto vertical. Ambos os grupos apresentaram altos índices de dispersão em relação ao tempo de voo, e para a altura de salto vertical, as crianças com DT apresentaram variabilidade superior às crianças com SD, mesmo estes também se apresentando alto. Schwinden *et al.* (s/d) compararam a dispersão entre os estágios iniciais, elementar e maduro de crianças com desenvolvimento típico, na fase de voo, constatando alta variabilidade, principalmente para as crianças mais novas, do

estágio inicial. Em relação ao nosso estudo, foram constatadas diferenças entre os grupos tanto para o tempo de voo quanto para a altura do voo, indicando que as crianças com SD realizam a fase de voo de forma mais rápida e com altura inferior às crianças com DT.

4.3 Características cinemáticas e cinéticas da fase de aterrissagem do salto vertical em crianças

Segundo Soares (2007) a fase aterrissagem representa uma situação de grande estresse mecânico aplicado ao aparelho locomotor. O instante que representa o ponto culminante de choque do corpo com o solo é o pico de queda. Durante o pico de queda, no contato com o solo, as crianças aterrissam flexionando os membros inferiores e tronco, recuperando o equilíbrio aos poucos (VIEL, 2001; JENSEN, *et al.*, 1994). A Tabela 04 remete valores encontrados para as variáveis cinemáticas angulares e cinéticas no pico de queda.

Tabela 04 Variáveis cinemáticas, cinética e coeficiente de variação na fase de queda do salto vertical de crianças com SD e DT

| Variáveis | SD | | DT | | | P-valor | |
|-----------------------|----------------|----|--------|----------------|----|---------|-------|
| | \bar{x} | DP | CV | \bar{x} | DP | | CV |
| Cinemáticas(º) | | | | | | | |
| ATrPQ | -1,20 ± 13,22 | | 110,10 | -1,56 ± 9,86 | | 63,20 | 0,94 |
| AQPQ | 135,87 ± 19,72 | | 14,51 | 126,20 ± 14,35 | | 11,37 | 0,18 |
| AJPQ | 148,92 ± 18,62 | | 12,50 | 123,65 ± 10,37 | | 8,38 | 0,00* |
| ATPQ | 105,31 ± 14,77 | | 14,02 | 196,17 ± 12,35 | | 6,29 | 0,11 |
| Cinética (PC) | | | | | | | |
| PQ | 2,31 ± 0,41 | | 17,74 | 3,35 ± 0,45 | | 13,43 | 0,00* |

* $P \leq 0,05$, média e desvio padrão. NOTA: Variáveis cinemáticas: ATrPQ = Ângulo absoluto do Tronco no pico de queda; AQPQ = Ângulo relativo do quadril no pico de queda; AJPQ= Ângulo relativo do joelho no pico de queda ; ATPQ = Ângulo relativo do tornozelo no pico de queda. Variáveis cinéticas: PQ= Pico de queda.

Do ciclo total do salto vertical de 100%, a fase de aterrissagem correspondeu aos últimos 35% do ciclo do salto vertical. Na fase de aterrissagem o segmento do joelho sobressaiu aos outros segmentos apresentando diferença de seus valores entre os grupos. As crianças com SD apresentaram média angular superior da articulação do joelho em relação às crianças com DT, o que suporta a afirmativa de que as crianças com SD apresentaram flexão de joelho inferior às crianças com DT.

Com resultados importantes, porém sem diferenças entre os grupos, o movimento do tronco das crianças com SD quando comparado ao das crianças com DT, permaneceram com maior extensão durante o pico de queda, demonstrando dificuldade em coordenar o movimento de flexão do tronco cuja função, segundo Soares (2007) é auxiliar no amortecimento durante a queda. Para o ângulo do quadril, os resultados demonstraram que as crianças com SD realizaram flexão de quadril inferior ao grupo DT durante o pico de queda, podendo ter relação com o amortecimento do salto e para o ângulo do tornozelo, as crianças com SD apresentaram resultados de amplitude de movimento na dorsiflexão do tornozelo inferior às crianças com DT.

Aparentemente a angulação do tornozelo das crianças com SD parece ter semelhança de comportamento com a angulação do joelho, pois verificou-se que a diminuição na flexão do joelho durante a aterrissagem também leva à diminuição da flexão do tornozelo no mesmo instante. Melo *et al.* (2008) verificaram os ângulos de flexão do quadril e joelho no pico de queda do salto vertical e perceberam que crianças com idade próxima aos 6 anos apresentam menores médias para estas variáveis angulares quando comparadas às crianças próximas de 12 anos, ou seja, estas realizam maior

flexão das articulações do quadril e joelho, indicando, assim como descrito por Gallahue e Ozmun (2005), que crianças evoluem no padrão do salto vertical conforme os sistemas corporais vão amadurecendo.

Os resultados do estudo de Melo *et al.*(2008) parecem ir ao encontro do presente estudo, quando analisados os ângulos de flexão das crianças com SD. Menor flexão de joelho foi observada no grupo SD demonstrando dificuldade em coordenar de forma eficaz os segmentos dos membros inferiores, podendo até ser notada pela oscilações entre os ângulos dos membros inferiores durante os picos analisados. A hiper mobilidade articular pode estar relacionada a esses resultados.

Outra possibilidade para a inabilidade das crianças em controlar os segmentos articulares e realizar de forma adequada o salto vertical pode ser proveniente das limitações do controle postural principalmente nas crianças com SD. Shumway-Cook e Woollacott (1985) examinaram a resposta de crianças com SD entre 15 meses a 6 anos de idade frente ao controle postural e descobriram que as crianças com SD respondem às perturbações posturais com ativação muscular similar às crianças com desenvolvimento típico. No entanto as respostas apresentaram maior variabilidade bem como a dificuldade em iniciar os movimentos, ficando nítido o problema de crianças com SD no refinamento de habilidades e controle da coordenação. Essas observações auxiliam no esclarecimento dos valores de impacto no pico de queda, apresentados por ambos os grupos.

Em estudo de Swartz et al. (2005) analisando a aterrissagem no salto vertical entre crianças com desenvolvimento típico e adultos, constatou-se que a maior extensão de joelho e quadril durante a aterrissagem, permitiu impacto menos suavizado que os adultos, devendo ser considerada as diferenças de massa e velocidade de impacto, corroborando com os resultados analisados no estudo, já que ao observar os valores referentes ao pico de queda em ambos os grupos, visualizamos impacto menos suavizado para o grupo SD, que apresentou maior extensão de joelho bem como as demais articulações de membros inferiores.

O pico de queda, durante a aterrissagem, referenciado na Figura 08 (A e B), demonstrou diferença entre as crianças do grupo SD apresentando valores inferiores ao apresentado pelas crianças do grupo DT.

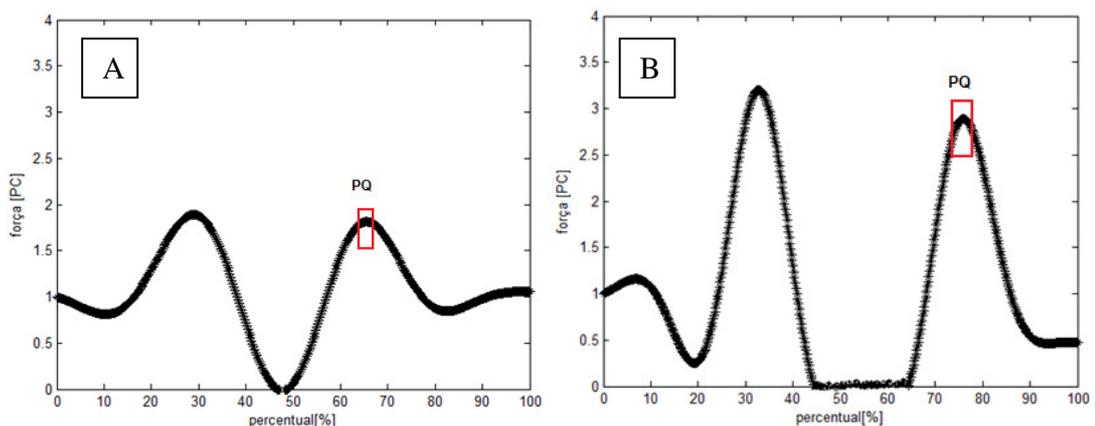


Figura 08 Figura A. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança com SD identificando a variável cinética PQ;
 Figura B. Representação da FRS durante o salto vertical de uma criança com DT identificando a variável cinética PQ.

Na fase de aterrissagem, para o pico de aterrissagem, foi observado que as crianças do grupo SD apresentaram resultado inferior ao grupo DT em relação à dispersão na força aplicada durante este momento. Esses resultados revelam que o impacto no solo das crianças com SD foi inferior, ou seja, suavizado, quando comparado ao impacto realizado pelas crianças com DT. Confrontando os dados do presente estudo com os de Melo *et al.* (2008) ambos os grupos apresentaram valores de impacto no pico de queda inferiores aos do estudo no qual os valores médios de impacto foram de $6,80 \pm 2,58$ PC e $6,23 \pm 2,83$ PC em crianças com desenvolvimento típico na mesma faixa etária. Ainda, Bauer *et al.*, (2001) em um estudo com 13 crianças com média de 9 anos de idade que apresentaram força de reação ao solo de 5,6 PC. De acordo com Melo *et al.*, (2008) valores de impactos no instante do pico de queda maiores que 5,0 PC representam um aumento do risco de lesão, sendo que o flexionamento no primeiro contato com o solo e a flexão plantar do pé possibilitam uma técnica de aterrissagem mais aprimorada. Esta atitude motora favorece a redução da força de colisão, pela dissipação das forças em diferentes direções. O impacto ao solo inferior promovido pelas crianças com SD também tem relação ao tempo e altura de voo que se mostraram inferiores ao se comparar os resultados com as crianças com DT.

Swartz *et al.* (2005) analisaram um grupo de crianças com média de idade de 9 anos e adultos durante a fase de aterrissagem do salto vertical e concluíram que o padrão motor da aterrissagem no salto vertical é influenciado pelo desenvolvimento físico. Segundo estes autores, a capacidade para modular a força de reação vertical do solo após o impacto durante a aterrissagem melhora com a decorrer da idade, tendo contribuição direta da maturação física, desenvolvimento das habilidades e experiência.

Os baixos valores de impacto no pico de queda observados no presente estudo podem estar intimamente ligados às alterações estruturais que acometem as crianças com SD tais como a hipotonia e a frouxidão ligamentar, impedindo com que elas gerem forças de amortecimento, resultando em redução de força durante a colisão com o solo. Já as crianças do grupo DT apresentaram forças de impacto no pico de queda superiores aos das crianças com SD, como o esperado, já que não apresentam alterações musculoesqueléticas que possam comprometer o desempenho do padrão do salto vertical, porém os baixos valores de impacto durante a queda podem ser devido à falta experiência proporcionada a este grupo (GALLAHUE; OZMUNN, 2005). Com relação à pré-adolescentes do gênero feminino, estas não exibem o mesmo controle em relação às estratégias neuromusculares encontradas em adolescentes e mulheres adultas (JACKSON; GARRISON, 2010), considerando que a amostra do estudo foi composta quase que em sua totalidade por meninas.

Para o pico de queda, os coeficientes de variabilidade dos movimentos articulares do tronco, quadril, joelho e tornozelo e do pico de queda das crianças do grupo SD e do grupo DT foram analisados. As crianças com SD apresentaram coeficiente de variação superior aos encontrados pelo grupo DT para os segmentos do tronco, quadril, joelho. Estes valores fazem referência a padrões de movimento instáveis e inconsistentes tanto para o grupo SD quanto para o grupo DT para o segmento do tronco. Durante a fase de aterrissagem, Schwiden, (s/d) também encontrou alta variabilidade entre os estágios inicial, elementar e maduro, na tarefa do salto, corroborando com os resultados do estudo.

Para o pico de queda, no grupo de crianças com SD apresentaram índice moderado para o coeficiente de variabilidade. Este resultado pode ser atribuído, segundo Maulder e Cronin (2005) a dificuldade em repetir os três saltos aterrissando no mesmo lugar, devido à falta de domínio corporal. Os autores ainda salientam que três saltos pode ser um período de muito pouca familiarização para a prática do salto vertical para que uma pequena variabilidade ocorresse.

Finalizando, durante a aterrissagem espera-se que o tronco se mantenha mais tempo flexionado para auxiliar o amortecimento da queda bem como as articulações dos membros inferiores. Todavia, constatou-se que as crianças com SD realizaram menor flexão de quadril e tornozelo do que as crianças com DT. Um fato expressivo foi que a flexão de joelho durante a aterrissagem foi maior e estatisticamente significativa no grupo SD quando comparado ao grupo DT. Além do mais, crianças com SD apresentaram valores inferiores a força de impacto durante o pico de queda quando comparadas às crianças com DT inferindo menor impacto das articulações contra o solo no momento da queda.

5 CONCLUSÕES

O estudo teve por objetivo principal avaliar as características cinemáticas e cinéticas do salto vertical de crianças com síndrome de *Down* e com desenvolvimento típico com idade entre 6 e 10 anos e baseado nos resultados e discussão apresentadas. Busca-se neste capítulo atender os objetivos levantados:

Como relação à fase de impulsão do salto vertical, as crianças com síndrome de *Down* apresentaram flexão de quadril e joelho inferior ao das crianças com desenvolvimento típico durante o primeiro pico do salto vertical avaliado. Ou seja, instante de menor força de reação ao solo, inferindo menor abaixamento do centro de massa durante o agachamento, e conseqüentemente, alterando a força peso exercida pelo corpo nesta fase que foi superior para as crianças com síndrome de *Down* quando comparadas às crianças com desenvolvimento típico. Esse valor da força/peso superior no grupo síndrome de *Down* nos permite concluir que as crianças com síndrome de *Down* demonstraram maior dificuldade em deslocar o centro de massa para baixo, porém talvez fosse o padrão motor mais eficiente delas. Fato que pode influenciar as fases seguintes do salto vertical.

Padrões distintos para execução da tarefa na fase de propulsão do salto vertical durante o pico de propulsão também foram observados, por meio de insuficiente plantiflexão do tornozelo quando comparadas às crianças com desenvolvimento típico, bem como força/peso inferior. Percebe-se que as crianças com síndrome de *Down*

parecem ter dificuldade no ato da impulsão sugerindo alterações na força muscular para execução do salto vertical que podem estar ligados às condições clínicas da síndrome.

Na fase de voo do salto vertical as crianças com síndrome de *Down* apresentaram tempo de voo e alturas inferiores aos valores demonstrados pelas crianças com desenvolvimento típico. A ineficiência do tempo de voo e altura alcançada pelas crianças com síndrome de *Down* pode ser reflexo da fase de propulsão, devido à incapacidade em coordenar dos membros inferiores e extensão completa dos membros inferiores. Hipoteticamente, a insuficiência de força, vigor, alterações posturais e de equilíbrio podem ter contribuído também a divergências entre o padrão motor, podendo ser alvo de próximas pesquisas no grupo estudado.

Para a fase de aterrissagem as crianças com síndrome de *Down* apresentaram grau de flexão de joelho superior e força peso inferior quando comparadas às crianças com desenvolvimento típico. Ao realizar a flexão inferior durante a aterrissagem, o amortecimento durante o pico de queda não ocorre de forma satisfatória, denotando fase de aterrissagem menos suavizados, gerando, assim, alterações na capacidade de modular as forças exercidas pela criança no durante essa fase.

Para as variáveis cinemáticas e cinéticas foram observados altos índices de variabilidade nas crianças com síndrome de *Down* e com desenvolvimento típico, nas fases de propulsão, voo e aterrissagem do salto vertical, porém efetivamente maior nas crianças com síndrome de *Down*, destacando, o segmento corporal do tronco,

indicando que cada criança apresenta um modo individual na execução da tarefa do salto vertical.

Algumas limitações no estudo foram constatadas, destacam-se o baixo número de participantes, o fato das crianças realizarem o salto vertical em ambiente laboratorial, possivelmente causando restrições na execução do movimento real, ou seja, diferenciando o movimento que as crianças realizariam se estivessem em ambiente escolar, por exemplo, a especificidade de cada criança, principalmente das crianças com síndrome de *Down* em realizar o movimento do salto, sendo visualizado pela variabilidade do segmento corporal do tronco além da dificuldade das crianças com síndrome de *Down* em entender a tarefa do salto vertical.

Futuros estudos devem focar aspectos relacionados à força, impulso, centro de massa e fatores ambientais nas crianças com síndrome de *Down*, para que se amplie o entendimento da natureza das dificuldades que os portadores da síndrome de *Down* enfrentam. Além do mais, estudos com uma amostra maior seriam de grande valia para que pudéssemos identificar semelhanças nos movimentos não só do salto vertical quanto de tarefas motoras do cotidiano destas crianças, facilitando, assim, a compreensão de terapeutas e professores em relação ao desenvolvimento motor, reabilitação e atividades educacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JL. Biomecânica e controle motor aplicado no estudo de disfunções motoras. *Rev.Motriz*. 2000;5(2):178-182

ALMEIDA MJR, RIBEIRO-do-VALLE LE, SACCO ICN. Assimetria interlateral da atividade muscular dos membros inferiores no salto vertical. *Revista Brasileira de Biomecânica*. 2001;2(5):69-78.

ALVES JV. Análise cinemática do salto vertical de crianças em diferentes estágios de desenvolvimento motor. [Dissertação]. Florianópolis:2009

AMADIO CA, DUARTE M. Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento humano. São Paulo: Laboratório de Biomecânica EEFUSP, 1996.

ASHBY BM, HEEGAARD JH. Role of arm motion in the standing long jump, *Journal of Biomechanics*, 2002;35:1631-7

ÁVILA AOV, et al., Métodos de medição em biomecânica do esporte: descrição de protocolos para aplicação nos centros de excelência esportiva. *Revista Brasileira de Biomecânica*. 2002: 3(2):57-67

AZEVEDO JB. Nível de desempenho motor em crianças com 10 anos de idade em escolas públicas de Porto Alegre [monografia]. Porto Alegre:2009

BARBOSA GM, et al., Endocrinopatias na síndrome de Down. *Revista Brasileira Neurologia*. 2000;3(36):67-9

BARELA JA. Desenvolvimento Motor: uma nova visão. In. Bento J, Marques A. *As ciências do esporte e a prática desportiva*. 1991:(1)

BAUER J, et al., Quantifying force magnitude and loading rate from drop landings that induce osteogenesis. *Journal of Applied Biomechanics*. 2001;17(2):142-152.

CALOMARDE AB, CALOMARDE RB, ASENSIO SF. *Las habilidades motoras básicas*. 2003.

CASTELÃO TB, SHIAVO MR, JURBERG P. *Revista Saúde pública*. 2003; 37(01).

CHEN Y J, FANG P C. Sensory evoked potentials in infants with down syndrome. *Acta Pediatrica*, 2005: 94:1615-8.

CIONI M, COCILOVO A, DI PASQUALE F, ARAUJO MB, SIQUEIRA CR, BIANCO M. Strength deficit of Knee extensor muscles of individuals with Down syndrome from

childhood to adolescence. American Journal of Mental Retardation American Journal of Mental Retardation. 1994, 99: 166-174.

CLARK R, PHILLIPS SJ, PETERSEN R. Developmental stability in jumping.. Developmental Psychology.1989;25(6):929-935.

COTTA RM. et al. Utilização dos testes de salto vertical e salto horizontal para prescrição de treinamento pliométrico. Educación Física e Deportes: Revista Digital, Buenos Aires, 2009; 14:131

DAVIS DS, et al., Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes. Physical Therapy in Sport. 2003; 4: 167–174

DeSATO J, KAMINSKI TW, PERRIN DH. Relationship between drop vertical jump heights and isokinetic measures utilizing the strect-shortening cycle. Isokinetics and Exercise Science, 1997; 6: 175 – 9.

DETÂNICO RC. Análise cinemática do salto horizontal em crianças. [Dissertação] Florianópolis. 2008.

DIROCCO PJ, CLARCK JE, PHILLIPH SJ. Jumping coordination patterns of Mildly mentally retarded children. Adapted physical activity quarterly.1897;4:178-191.

DURWARD BR, BAER GD, ROWE PJ. Movimento funcional humano: mensuração e análise. São Paulo: Manole, 2001.

ECKERT HM. Desenvolvimento motor. São Paulo: Manole, 1994.

ELVIRA JLL. et al., Comparative study of the reliability of three jump tests with two measurement systems. Journal of Human Movement Studies. 2001;41:369-383.

FELÍCIO SR, et al., Marcha de crianças e jovens com Síndrome de Down. ConScientiae Saúde, 2008;7(3):349–356.

FLÓREZ BJ, TRONCOSO VM. Síndrome de Down y educacion.Barcelo:Masson – Salvat Medicina y Santander, 1997.

FUKASHIRO S, ET AL., Direction control in standing horizontal and vertical jumps. International Journal of Sport and Health Science. 2005;3:272-9.

GALLAHUE DL, DONNELLY FC. Educação Física desenvolvimento para todas as crianças. 4 ed. São Paulo:Phorte,2008.

GALLAHUE DL, OZMUN JC. *Compreendendo o Desenvolvimento Motor*. Bebês, crianças, adolescentes e adultos. 2 ed. São Paulo:Phorte Editora, 2002.

GALLAHUE DL, OZMUN JC. *Compreendendo o Desenvolvimento Motor*. Bebês, crianças, adolescentes e adultos. 3 ed. São Paulo: Phorte Editora, 2005.

GALLI et al., Joint stiffness and gait pattern evaluation in children with Down syndrome. *Gait and Posture*;2008.28:502-6

GATTI RGO. Características biomecânicas do salto vertical de crianças.[Dissertação] Florianópolis.2005

GERODIMOS V, et al., The contribution of stretch - shortening cycle and arm-swing to vertical jumping performance in children, adolescents, and adult basketball players. *Pediatric Exercise Science*, 2008;20:379-389.

JACKSON KR, GARRISON C, Similarity of hip and knee kinematics and kinetics among prepubescent boys and girls during a drop vertical jump landing. *Athletic training & sports health care*, 2010;2(2):74-80

JENSEN JL, PHILLIPS SJ, CLARK JE. For Young jumpers, differences are in the movement's control, not its coordination. *Research Quarterly for Exercise and Sport*.1994;65(3):258–268.

HARRISON AJ, HAYES RK. Functional data analysis of joint coordination in the development of vertical jump performance. *Sports Biomechanics*.2007; 6(2):199-214.

HARST JJ, GOKELER A, HOF A L. Leg kinematics and kinetic in landing from a single leg hop for distance. A comparison between dominant and non-dominant leg. *Clinical Biomechanics*. 2007;22:674-680

HAYWOOD KM, GETCHELL N. *Desenvolvimento Motor ao Longo da Vida*. 3ªed.São Paulo:2004.

HESPANHOL JE, et al., Avaliação da resistência de força explosiva em voleibolistas através de testes de saltos verticais. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007; 13(3):181-184.

HOLLE, Britta. *Desenvolvimento Motor na Criança Normal e Retardada*. São Paulo: Manole. 1979.

KNUTZEN K M, MARTIN L. Using biomechanics to explore children's movement. *Pediatric Exercise Science*. 2002;14(3):222-247.

KUBO M, ULRICH BD. Early stage of walking: development of control in mediolateral and anteroposterior directions. *Journal of Motor Behavior*.2006;38(3),229-237.

LARA MA, RODRIGUES ME. Desenvolvimento motor em crianças portadoras de Síndrome de Down de 4 a 10 anos. <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires – 2008;13(124).

- LIFANTE SM. Estudo da correlação entre coordenação motora e habilidades motoras de pessoas com Síndrome de Down. [Dissertação]. Campinas;2009.
- MALINA RM. Motor development during infancy and early childhood: overview and suggested directions for research. *International Journal of Sport and Health Science*. 2003;2:50-66.
- MANCINI MC, SILVA PC, GONÇALVES SC, MARTINS SM. Comparação do desenvolvimento funcional de crianças portadoras de síndrome de down e crianças com o desenvolvimento normal com 2 e 5 anos de idade. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2003; 61(2B): 409-415.
- MARCONDES E. Crescimento: normal e deficiente, São Paulo, Editora Sarvier, 1989
- MARQUES I. Padrão fundamental de movimento: Uma análise universal ou contextual?. [Dissertação].Campinas;1995.
- MATTOS, M.G; ROSSETTO JÚNIOR, A.J; BLECHER, S. *Teoria e prática da metodologia da pesquisa em educação física: construindo sua monografia, artigo científico e projeto de ação*. São Paulo: Phorte, 2003.
- MAUDER P, CRONIN J. Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. 2005;6:74-82
- McCLAY IS, ROBINSON JR, ANDRIACCHI TP, FREDERICK EC, GROSS T. MARTIN P. A profile of ground reaction forces in professional basketball. *Journal of Applied Biomechanics*. 1994;10:222-236.
- McNITT-GRAY JL. Carga no sistema musculoesquelético durante a aterrissagem. In:ZATSIORSKY VM. *Biomecânica no esporte: performance do desempenho e prevenção de lesão*. São Paulo: Guanabara Koogan,2004;409-431.
- MELO SIL, GRESS FG. Salto horizontal de crianças: uma abordagem biomecânica. *Temas sobre o desenvolvimento*, 2004;13(74):14–18.
- MELO et al., Desempenho motor de crianças de diferentes estágios maturacionais: análise biomecânica. *Revista Portuguesa Ciência do Desporto,Portugal*, 2008;8(1):58–67.
- MOREIRA LM, EL-HANI CN, GUSMÃO FAF, A síndrome de Down e sua patogênese: considerações sobre o determinismo genético. In: *Revista Brasileira Psiquiatria,São Paulo*,2000; 22(2): 96-99.
- MOURÃO P, GONCALVEZ S. A utilização dos membros superiores nos saltos verticais - estudo comparativo entre um salto sem contramovimento sem a utilização dos membros superiores e um salto sem contramovimento com a utilização dos membros

superiores. Revista de Desporto e Saúde da Fundação Técnica e Científica do Desporto. 2008;4(4):23-28

MORRIS CD, MAGILKE D, RELLER M. Down's syndrome affects results of surgical correction of complete atrioventricular canal. *Pediatrics Cardiology*. 1982;13,(2):80-4.

NEELLY KR, ZEBAS CJ. Vertical jump kinetic in young children. *Physical Therapy*. 1994

NUSSABAUM R L, MCINNES RR. Thompson & Thompson: Genética Médica. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 2002;6.

OKASAKI VHA. O arremesso de jump no basquetebol de adultos e crianças em função do aumento da distância. Dissertação de Mestrado em Educação Física da Universidade Federal do Paraná. 2006

PAIM MCC. Desenvolvimento motor de crianças pré-escolares entre 5 e 6 anos. Disponível em www.efdeportes.com, Revista digital. 2003; 8, 58.

PAIM JH, CHARLES MTG. Soft tissue motion influences skeletal loads during impacts. *Exercise sport science*. 2008;36(2):71-75.

PUESCHEL SM. Síndrome de down: guia para pais e educadores. Campinas: Papirus, 2002.

RODRIGUES LP. Desenvolvimento motor. Definição da área de estudo, origens históricas e teorias de suporte. Departamento de Motricidade Humana. Instituto Politécnico de Viana Castelo. Texto de apoio1 do curso de Desporto e Lazer. 1995.

ROSE J, GAMBLE JG. Marcha humana. 5ed. São Paulo: Premier, 1998

SCHWINDEN RM et al., Salto horizontal de crianças – Análise de parâmetros cinemáticos. Tema 14. Comportamento motor. UDESC.

SCHWARTZMAN JS et al. *Síndrome de Down*. São Paulo: Memnon edições científicas, 1999.

SHEPHERD RB. Fisioterapia em Pediatria. 5ed. São Paulo: Santos: 1995

SHERRIL C. Adapted physical activity, recreation and sport. Cross disciplinary and lifespan. Dubuque: McGraw-Hill. 1998, 5.

SHUMWAYCOOK A, WALLACOTT MH. Dynamics of postural control in the child with down syndrome. *Physical Therapy*. 1985;65(9):1315–1322.

SILVA MFM, KLEINHANS ACS. Processos cognitivos e plasticidade cerebral na síndrome de Down. *Revista Brasileira de Educação Especial*. 2006;12,(1):123-138.

- SILVA KR, MAGALHÃES J, GARCIA MAC. Desempenho do salto vertical sob diferentes condições de execução. *Arquivos em Movimento*. 2005;1(1):17-24
- SIMPSON KJ, CIAPPONI T, WANG H. Biomecânica da aterrissagem. In: GARRET JR WE, KIRKENDALL DT. A ciência do exercício e dos esportes. Porto Alegre: Artmed; 2003; 251-262.
- SMITH BA, ULRICH BD. Early-onset of stabilizing strategies for gait and obstacles: older adults with Down Syndrome. *Gait & Posture*. 2008;28(3):448-455.
- SOARES RJ. Análise de parâmetros Biomecânicos na locomoção de Crianças portadoras de pé torto Congênito.[TESE]. São Paulo, 2007.
- SWARTZ EE, et al., Effects of Developmental Stage and Sex on Lower Extremity Kinematics and Vertical Ground Reaction Forces During Landing. *Journal of Athletic Training* 2005;40(1):9-14
- TANI G. Comportamento Motor – Aprendizagem e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- TECKLIN JS. Fisioterapia Pediátrica. 3a Ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- TEMFEMO A, et al., Relationship between vertical jumping performance and antropometric characteristics during growth in boys and girls. *Europe Journal Pediatric*. 2009;168:457-464.
- THELEN E, SMITH LB. *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press, 1994.
- THOMAS JR, NELSON JK. Métodos de Pesquisa em Atividade Física. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- TSUBAKI A, et al., Normative values for maximum power during motor function assessment of jumping among physically active Japanese. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2009;9(4):263-267
- UGRINOWITSCH C, BARBANTI VJ. O ciclo de alongamento e encurtamento e a “performance” no salto vertical. *Rev. paul. Educ. Fís.* 1998;12(1):85-94.
- ULRICH, B; ULRICH, D. A.; COLLER, D.H.; COLE, E.L. Developmental shifts in the ability of infants with Down syndrome to produce treadmill steps. *Physical Therapy*, 1995,75:14-23.

ULRICH DA, ULRICH BD, ÂNGULO-KINZLER, YJ. Treadmill training of infants with Down Syndrome: evidence-based developmental outcomes. *Pediatrics*. 2001;108(5), E84.

UMPHRED DA. Fisioterapia Neurológica. 2a Ed. São Paulo: Manole, 1994.

VANRENTERGHEM J, et al., Performing the vertical jump. *Ergonomics*. 2004; 48(11):1594-1603.

VIEL E. A marcha humana, a corrida e o salto – biomecânica, investigações, normas e disfunções. São Paulo: Manole, 2001.

YU B. et al., Age and Gender Effects on Lower Extremity Kinematics of Youth Soccer Players in a Stop-Jump Task. *J Sports Med*. 2005;33:1356.

WANG LI, LIN DC, HUANG C, YANG CH. Biomechanical analysis during countermovement jump in children and adults. *ISBB 2002*. 374-377

WERNECK C. Muito prazer, eu existo: um livro sobre as pessoas com síndrome de *Down*, Rio de Janeiro, 1995.

WILLIAMS M. Exploration of differences in vertical jump performance between typically developing children and those identified with DCD: A kinematic and kinetic analysis. [TESE]. Australia.2008

WU WL, et al., Biomechanical analysis of the standing long jump. *Biomedical Engineering applications, basis & communications*. 2003;15(5):186–192.

ANEXO



Anexo A: Termo de aprovação do comitê em Pesquisa com Seres Humanos

APÊNDICES



Apêndice A: Termo de consentimento livre e esclarecido da pesquisa

Análise do Salto Vertical em Crianças com Síndrome de Down e com Desenvolvimento

Típico

Senhores Pais:

Nós, pesquisadores do LABICOM – Laboratório de Biomecânica e Comportamento Motor do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Maringá, temos interesse em estudar o Salto Vertical em Crianças com Síndrome de Down e Crianças com Desenvolvimento Típico. Neste sentido gostaríamos de convidá-lo a participar deste projeto, autorizando-nos a avaliar o salto vertical do seu (sua) filho(a).

Nesta avaliação precisamos filmar seu(sua) filho(a) realizando o salto sobre um tablado; medir peso, altura e anotar idade. Durante a execução do salto vertical será colocado sobre a pele de suas pernas e braços, pequenos adesivos, que não causam alergia. Este procedimento não causa nenhum desconforto aos participantes, e como a avaliação é apenas o salto vertical, que é um movimento natural humano, oferece risco mínimo, comparado às atividades do cotidiano. Mesmo assim, o(a) senhor(a) e seu (sua) filho(a) tem total liberdade em recusar o convite e/ou interromper a sua participação em qualquer momento.

Todas as informações obtidas durante a avaliação serão mantidas com os pesquisadores e não serão disponibilizadas a nenhuma pessoa que não seja do grupo de estudo. No entanto, o(a) senhor(a) terá pleno acesso, a qualquer momento.

Pelo fato de estarmos realizando uma pesquisa, necessitamos divulgá-la em eventos e revistas científicas. Quando isso ocorrer, não será identificada nenhuma criança participante, ou seja, será assegurado o anonimato de seu filho(a).

A participação nesta pesquisa não implica nenhum gasto para o(a) senhor(a) e também não podemos oferecer nenhuma compensação financeira. Durante a realização da pesquisa as imagens somente serão utilizadas sob sigilo de informação, ou seja, somente pelos pesquisadores. E, após a conclusão do estudo e apuração de todas as informações, as imagens serão inutilizadas.

Eu, _____, (*responsável pelo menor*) após ter lido e entendido as informações e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo com a mestrand Luana Muriel Casarolli, **CONCORDO VOLUNTARIAMENTE**, *que o(a) meu(minha) filho(a)*

_____ participe do mesmo e tenho conhecimento de que este documento será preenchido em 2 vias de igual teor, devidamente assinadas, para alcance de seu pleno efeito legal.

_____ Data: ____/____/_____
Assinatura (do responsável) ou impressão datiloscópica

Eu, Luana Muriel Casarolli, declaro que forneci todas as informações referentes ao estudo ao responsável pelo menor.

_____ Data: ____/____/_____
Assinatura

Equipe de Pesquisadores:

Prof. Dr. José Luiz Lopes Vieira (pesquisador responsável) - LABICOM - Depto. Educação Física – UEM. Av. Colombo, 5790. Campus Sede da UEM Tel: (44) 3011-4470;

Luana Muriel Casarolli. (Mestranda) LABICOM - Depto. Educação Física – UEM.

Av. Colombo, 5790. Campus Sede da UEM. CEP: 87020-900. Maringá-Pr. Tel: (44) 3011-4470

Apêndice B: Formulário de medidas antropométricas

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA ASSOCIADO UEM/UEL
PROJETO: ANÁLISE DO SALTO VERTICAL EM CRIANÇAS COM SÍNDROME DE
DOWN E COM DESENVOLVIMENTO TÍPICO.
Pesquisadora: LUANA MURIEL CASAROLLI**

| | |
|---------------------------------------|--------|
| FORMULÁRIO DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS | |
| Nome: | |
| Data de Nascimento: | Idade: |
| Sexo: () Feminino () Masculino | |
| Telefone para contato: | |

| | | | |
|---------------|----|-----------|--------------------------|
| ANTROPOMETRIA | | CÓDIGO | <input type="checkbox"/> |
| Massa : | Kg | Estatura: | cm |

| |
|--------------|
| Observações: |
| |
| |
| |