

**PADRÃO DE COORDENAÇÃO DO PULAR CORDA:  
UM ESTUDO DESENVOLVIMENTAL**

**FLAVIA CRISTINA RODRIGUES BUENO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade - Área de Biodinâmica da Motricidade Humana.

**RIO CLARO  
São Paulo - Brasil  
Março - 2004**

**PADRÃO DE COORDENAÇÃO DO PULAR CORDA:  
UM ESTUDO DESENVOLVIMENTAL**

**FLAVIA CRISTINA RODRIGUES BUENO**

***Orientadora:* Profa. Dra. ANA MARIA PELLEGRINI**

Dissertação apresentada ao Instituto de Bociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade - Área de Biodinâmica da Motricidade Humana.

**RIO CLARO  
São Paulo - Brasil  
Março – 2004**

796.0132 Bueno, Flavia Cristina Rodrigues  
B928p Padrão de coordenação do pular corda: um estudo  
desenvolvimental / Flavia Cristina Rodrigues Bueno. –  
Rio Claro : [s.n.], 2004  
101 f. : il., gráfs., tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Ana Maria Pellegrini

1. Capacidade motora. 2. Desenvolvimento motor. 3.  
Comportamento motor. 4. Controle motor. 5. Saltar. 6. Fase  
relativa contínua. 7. Percepção-ação. I. Título.

**Aprendi...**

que eu não posso exigir o amor de ninguém, posso apenas dar boas razões para que gostem de mim.

que não importa o quanto certas coisas são importantes para mim, tem gente que não dá a mínima e eu jamais conseguirei convencê-las.

que posso passar anos construindo uma verdade e destruí-la em apenas alguns segundos.

Eu aprendi...

que posso usar meu charme por apenas 15 minutos, depois disso, preciso saber do que estou falando.

que posso fazer algo em um minuto e ter que responder por isso o resto da vida.

Eu Aprendi...

que vai demorar muito para me transformar na pessoa que quero ser, e devo ter paciência.

que posso ir além dos limites que eu próprio coloquei.

que eu preciso escolher entre controlar meus pensamentos ou ser controlado por eles.

Eu Aprendi...

que perdoar exige muita prática.

que há muita gente que gosta de mim, mas não consegue expressar isso.

que nos momentos mais difíceis, a ajuda veio justamente daquela pessoa que eu achava que iria tentar piorar a minha vida.

que eu posso ficar furiosa, tenho direito de me irritar, mas não tenho o direito de ser cruel.

Eu Aprendi...

que as palavras de amor perdem o sentido, quando usadas sem critério.

que amigos não são para guardá-los no peito, e sim para reconhecê-los e tratá-los como tal.

que você pode perder pessoas que ama a qualquer momento.

Eu Aprendi...

que as circunstâncias de minha infância são responsáveis pelo que eu sou, mas não pelas minhas escolhas que eu fiz quando adulto.

que diplomas na parede não me fazem mais respeitável ou mais sábio.

Enfim, nessa jornada eu aprendi muito pelo simples fato de tê-la vivido intensamente!

## **DEDICATÓRIA**

**Á minha família, em especial á minha mãe lolete,  
pelo carinho, dedicação e incentivo!**

## AGRADECIMENTOS

Ao término desta etapa, muitas são as pessoas a quem preciso agradecer, pelo apoio, compreensão e incentivo nas horas difíceis. Consciente de que as palavras não são suficientemente abrangentes para expressar tamanho agradecimento, aí vai meu MUITO OBRIGADA! Em especial, agradeço...

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Maria Pellegrini, por estar comigo em mais uma etapa de minha vida acadêmica, pela amizade, confiança e apoio nas horas difíceis. MUITO OBRIGADA!

Aos membros da banca examinadora, Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Sérgio Augusto Cunha, Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> José Ângelo Barela, Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Edison de Jesus Manoel, pelas relevantes sugestões para o desenvolvimento deste estudo.

A todos os funcionários do Departamento de Educação Física e da Biblioteca, que sempre estavam prontos e dispostos a ajudar e orientar.

A todos os docentes do programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade Humana pelos ensinamentos, em especial ao Prof<sup>o</sup> Sebastião Gobbi, Prof<sup>o</sup> José Roberto de Azevedo, Prof<sup>o</sup> Afonso Antônio Machado e Prof<sup>a</sup> Lilian Tereza Bucken Gobbi pela amizade.

À diretora Adriana Ijano Motta e vice-diretora Vera Lúcia A. Pinheiro, da Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental “Prof<sup>a</sup> Maria Aparecida de Luca Moore” (Limeira), pela atenção, colaboração e disponibilização da escola e dos alunos para a participação neste estudo.

Aos alunos dos cursos de graduação do Instituto de Biociências (UNESP-RC) pela participação no estudo.

Ao CNPq pelo suporte financeiro.

Aos amigos “eternos Labordianos”, Pedro, Ellen, Wellington, com vocês aprendi muito, obrigada pela força!!! Adriana, Bruno, Mário (Guru), Daniel e Sandra, pela torcida. E ao meu companheiro em todas as horas, KIKI (vulgo Profº Luiz Henrique), adorei te conhecer e ser sua amiga, você é uma pessoa maravilhosa e surpreendente, te admiro muito.

Aos meus amigos do LEM (Daniela Godoi, Priscila, Paulão, Paula, Carol), LABIO (Fabiano, Fabinho, Paulo, Tatiane T.) e LAP (Marina, Márcia, Carolzinha, Tati) pelo apoio em todos os sentidos. E também a Fúlvia, Anderson, Ico, Marcolino.

A Danilla, Rose e Janaína, por me agüentarem na “hora do estresse”, por todos os momentos alegres e tristes, pelas conversas, enfim pelo apoio. A Dani Marx, Carol, Camila, Carla, Simone, pela amizade e companheirismo. A todos aos meus “novos amigos” de Rio Claro.

Finalmente, a meus pais e meus irmãos, pelo incentivo, paciência e confiança. Amo muito vocês!

À todos, muito obrigado por fazerem parte da minha vida.



## RESUMO

Há muito tempo o pular corda vem sendo executado pelas pessoas, por crianças em suas brincadeiras ou por atletas no treinamento desportivo. O interesse em estudar o pular corda é, além do fato de ser considerado um comportamento universal que emerge desde a infância, uma oportunidade única de estudo da intrincada relação entre percepção e ação nos padrões de coordenação do movimento humano. A aquisição de padrões complexos de coordenação motora, como o pular corda, é um desafio para os estudiosos do desenvolvimento motor, pois crianças de tenra idade já são capazes de brincar pulando corda. Em especial, nos intriga como a criança sincroniza o momento de saltar em relação à trajetória da corda. Na busca de resposta a esta indagação, este estudo objetivou investigar o padrão de coordenação do pular corda em função da idade (7/8 (F1), 11/12 (F2) e 18/25 (F3) anos) e do gênero dos participantes. Participaram deste estudo trinta e seis (36) indivíduos, sendo seis (6) sujeitos do sexo masculino e seis (6) do sexo feminino de cada uma das faixas etárias. A tarefa consistia em realizar seqüências de saltos até completar a somatória de no mínimo trinta (30) saltos na freqüência preferida pelo sujeito, sendo a corda batida pelo próprio participante. Duas câmeras digitais foram utilizadas para registro das imagens e marcadores passivos foram fixados na corda e nas articulações do tornozelo (maléolo lateral), do joelho (epicôndilo lateral do fêmur) e do quadril (trocânter maior) para obtenção de dados sobre a altura do salto e da corda, ângulo da articulação do joelho e fase relativa contínua. Análises

de Variância gênero (2) e faixa etária (3) foram feitas com as variáveis dependentes: fase relativa e desvio angular da fase relativa, altura máxima do salto, altura máxima da corda, ângulo e desvio angular da articulação do joelho na máxima flexão da fase de vôo. Os resultados relativos à Fase Relativa Contínua (FRC) indicaram haver diferença na relação espaço temporal corda-salto entre as crianças menores ( $F1 = 199,20^\circ$ ) e os adultos ( $F3 = 171,05^\circ$ ), valores estes não diferentes do apresentado pelas crianças maiores ( $F2 = 175,62^\circ$ ). A altura do salto da F3 (18,19 cm) foi maior que a da F1 (14,11 cm) e da F2 (13,07 cm). O ângulo da articulação do joelho da F3 ( $94,05^\circ$ ) foi maior que o da F1 ( $55,91^\circ$ ) e o da F2 ( $72,50^\circ$ ), e menor variabilidade foi observada para a idade adulta ( $3,84^\circ$ ) em relação às crianças ( $6,63^\circ$  e  $7,01^\circ$  respectivamente). De modo geral, os resultados sugerem que: 1) o padrão do saltar está diretamente relacionado com a altura da corda e com o acoplamento espaço temporal; 2) quanto menor a altura do salto, maior a flexão do joelho; 3) menor a idade dos participantes, maior a variabilidade e menor a estabilidade do ângulo da articulação do joelho; 4) diferentes níveis de desenvolvimento motor, diferentes padrões no saltar; 5) diferenças de gênero não levam necessariamente a diferenças no desempenho.

**Palavras – Chaves:** Desenvolvimento Motor, Controle Motor, Saltar, Percepção – Ação, Padrão de Coordenação, Fase Relativa Contínua.

## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>04</b>
<b>2.1 O estudo da coordenação e controle de movimento.....</b>	<b>04</b>
<b>2.2 Desenvolvimento na infância.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 O pular corda.....</b>	<b>25</b>
<b>3. OBJETIVO.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Geral.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Específicos.....</b>	<b>33</b>
<b>4. HIPÓTESES.....</b>	<b>34</b>
<b>5. MÉTODO.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Participantes.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2 Materiais.....</b>	<b>37</b>
<b>5.3 Procedimentos.....</b>	<b>38</b>
<b>5.4 Tratamento dos dados.....</b>	<b>41</b>
5.4.1 Captura, desentrelaçamento e sincronização de imagens.....	41
5.4.2 Medição.....	41
5.4.3 Calibração.....	42
5.4.4 Obtenção dos dados tridimensionais.....	42
5.4.5 Suavização.....	43

5.4.6	Obtenção da freqüência de batida da corda.....	43
5.4.7	Obtenção da fase relativa contínua (FRC).....	44
5.4.8	Obtenção da altura do salto e da corda.....	46
5.4.9	Obtenção do ângulo da articulação do joelho.....	47
<b>5.5</b>	<b>Tratamento estatístico.....</b>	<b>48</b>
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>6.1</b>	<b>Dados antropométricos.....</b>	<b>51</b>
6.1.1	Estatura.....	51
6.1.2	Comprimento do membro inferior (CMI).....	52
6.1.3	Massa corporal.....	53
<b>6.2</b>	<b>Freqüência da corda.....</b>	<b>54</b>
<b>6.3</b>	<b>Número de saltos e tentativas.....</b>	<b>55</b>
<b>6.4</b>	<b>Padrões de salto.....</b>	<b>56</b>
<b>6.5</b>	<b>Fase relativa contínua (FRC).....</b>	<b>57</b>
<b>6.6</b>	<b>Altura do salto.....</b>	<b>61</b>
<b>6.7</b>	<b>Altura da corda.....</b>	<b>63</b>
<b>6.8</b>	<b>Ângulo da articulação do joelho.....</b>	<b>65</b>
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>69</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>.....</b>	<b>91</b>

## LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Representação esquemática da condição experimental.....	39
Figura 2: Na parte superior da figura temos o gráfico rerepresentando o deslocamento vertical da corda (azul) e tornozelo (verde) durante uma seqüência no pular corda. Na parte inferior da figura está a FRC em graus desta mesma seqüência.....	45
Figura 3: Representação das medidas para calculo da altura do salto, sendo que H = altura do salto, X = altura máxima atingida na fase de vôo e Y = distância da marca fixada no trocâter maior à superfície de contato com o participante na posição ereta.....	47
Figura 4. Média do comprimento do membro inferior (cm) em função da faixa etária e do gênero dos participantes.....	53
Figura 5. Média e desvio padrão da massa corporal (Kg) em função da faixa etária dos participantes.....	54
Figura 6. Média e desvio padrão da freqüência da batida da corda (Hz) em função da faixa etária dos participantes.....	55
Figura 7. Média e desvio padrão da Fase relativa contínua (°) em função da faixa etária dos participantes.....	58
Figura 8. Média e desvio padrão da altura do salto (cm) em função da faixa etária dos participantes.....	62
Figura 9. Média e desvio padrão da altura da corda (cm) em função da faixa etária dos participantes.....	64
Figura 10. Média e desvio padrão do ângulo da articulação do joelho na máxima flexão da fase de vôo (°) em função da faixa etária dos participantes.....	66

**LISTA DE TABELAS**

Página

Tabela 1. Frequência absoluta de participantes por padrão de salto em função da faixa etária.....56

## 1. INTRODUÇÃO

Quem nunca pulou corda? Será difícil encontrar uma resposta positiva a esta pergunta. Nas brincadeiras de criança ou no treinamento desportivo o pular corda há muito tempo vem sendo executado pelas pessoas.

Pular corda parece ser uma tarefa tão simples que desde criança aprendemos com certa facilidade. Devido a esta aparente simplicidade não percebemos os benefícios proporcionados por esse ato motor no desenvolvimento da coordenação da parte inferior do corpo, assim como no equilíbrio ou balanceamento corporal, e a grosso modo, na agilidade, no ritmo, na velocidade dos membros e na resistência muscular localizada (PITRELI; O'SHEA, 1989).

Nas atividades das crianças, o pular corda envolve muito mais que o simples saltar a corda. Envolve também o “entrar” na corda, girar saltando, colocar a mão no chão, saltar com um pé só, saltar com mais pessoas ao mesmo tempo, a “saída” da corda, e outras mais. Assim uma

análise mais cuidadosa desta habilidade motora nos leva a afirmar o quão é complexo o “conjunto” pular corda, pois além de desenvolver e exigir a coordenação de membros inferiores, agilidade, ritmo, velocidade de membros e resistência muscular, como já foi dito, o executante tem que adequar a sua ação motora ao evento externo (corda).

O interesse em estudar o pular corda é pelo fato de ser considerado um comportamento universal que emerge desde a infância e apresenta uma oportunidade única de estudo da relação intrincada entre percepção e ação nos padrões de coordenação do movimento humano. O corpo humano capta do ambiente, a todo instante, inúmeras informações de origem variada, relativas a assuntos diversos. Para lidar com um volume tão grande de informação, o ser humano dispõe de mecanismos eficientes para selecionar aquilo que lhe convém e desprezar o que não desempenha papel fundamental na realização da ação.

Uma das características dos organismos vivos é o alto grau de coordenação entre suas partes constituintes. A coordenação assume papel primordial na emergência de novos padrões motores, sendo considerada a relação espaço-temporal entre as partes integrantes do movimento (CLARK, 1994). Segundo Turvey (1990), a coordenação envolve necessariamente relações próprias e múltiplas entre diferentes componentes, definidas em uma escala espaço-temporal. Um padrão “ótimo” de coordenação é estabelecido pelo controle da interação das restrições da tarefa, do organismo e do ambiente (NEWELL, 1986). Quanto maior a interação das restrições impostas ao executante, maior será o nível de coordenação necessário para um



desempenho eficiente. Para a execução de habilidades motoras cíclicas, como o pular corda, a coordenação requer que o executante desempenhe movimentos específicos, em série, rápida e precisamente. Um padrão motor é considerado bem coordenado quando o ajustamento espaço-temporal entre os segmentos do corpo do executante e a seqüência de ações a serem realizadas é suave, sincrônica e rítmica.

A aquisição de padrões complexos de coordenação motora, como o pular corda, é um desafio para os estudiosos do desenvolvimento motor, pois crianças de tenra idade já são capazes de brincar pulando corda. Em especial, nos intriga como a criança articula o momento de saltar e a forma como salta em relação à trajetória da corda, e se essa articulação é realizada de modo diferente entre homens e mulheres. Na busca de resposta a estas indagações neste estudo foi investigado o padrão de coordenação do pular corda em diferentes faixas etárias (7\8, 11\12 e adultos) e em ambos os sexos.

Tendo em vista o objetivo deste trabalho, a revisão de literatura focalizará inicialmente a Teoria dos Sistemas Dinâmicos trazendo conceitos imprescindíveis para o estudo do controle e coordenação dos sistemas humanos. Em seguida o desenvolvimento motor será focalizado, sua conceituação e teorias explicativas. E finalmente o pular corda, janela que utilizaremos para analisar as possíveis alterações no comportamento motor refletindo o desenvolvimento do ciclo percepção-ação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

As mudanças ocorridas no comportamento motor do indivíduo durante sua vida se referem ao controle e a coordenação dos movimentos, o que acaba alterando a forma e a execução dos mesmos (BARELA, 1992). Para Bernstein (1967), a coordenação dos movimentos diz respeito à capacidade de garantir ao movimento homogeneidade, integração e unidade estrutural, sendo dependente da organização do sistema motor. E o controle diz respeito ao ajustamento das variáveis envolvidas no movimento, ou seja, velocidade, força e amplitude.

### **2.1 O estudo da coordenação e controle de movimento**

Na maioria dos movimentos é observada a participação dos membros, ora realizando movimentos simultâneos, ora alternados, como no caso do malabarismo ou do pular corda. Para que esses movimentos sejam executados de forma harmônica e eficiente é necessário haver coordenação entre os membros ou entre o(s) membro(s) e um objeto. Os princípios da

Teoria dos Sistemas Dinâmicos (TSD) são apropriados para explicar a coordenação e controle de movimentos, e um modelo que tem obtido sucesso para tal explicação está ligado à teoria de osciladores não-lineares do tipo ciclo-limite (KAY; KELSO; SALTZMAN; SCHÖNER, 1987). Para explicar esses movimentos se torna importante também utilizar os conceitos teóricos encontrados na teoria sinérgica de Haken e colaboradores (1985). Por exemplo, variáveis coletivas relevantes ou parâmetros de controle presentes nesta teoria, expressam a relação coesa entre os componentes de um sistema interagindo e como esse evolui diante de uma mudança de tarefa ou condições limite.

Segundo a teoria de osciladores não-lineares do tipo ciclo-limite, para manter a ação cíclica contínua, por exemplo, na locomoção, corrida ou pular corda, a energia deveria ser colocada no ciclo em algum ponto específico, pois se não colocada no ciclo ele pára. Esta perda de energia é característica de um sistema dissipativo e não-linear. Osciladores ciclo-limite são sistemas que oscilam, mas tem um ciclo preferencial ou órbita atrativa para a qual as trajetórias tendem a convergir, como por exemplo os 50% fora de fase verificado no relacionamento entre os membros inferiores durante o andar. As ligações não-lineares do tipo ciclo-limite apresentam três propriedades (CLARK; WHITALL, 1989):

a) Entrelaçamento: descreve a interação entre dois ou mais osciladores não-lineares. Quando dois osciladores são acoplados, o período de cada um é igualado ao período do outro, apresentando uma razão independente do período natural de qualquer um dos dois osciladores. Esse

acoplamento pode ser mais "fraco" ou mais "forte" dependendo do nível de variabilidade do padrão de coordenação. Por exemplo, no andar de bebês esse acoplamento é mais fraco quando comparado ao andar de crianças e adultos. A instabilidade de um ou mais componentes do sistema, o leva para longe do ponto de equilíbrio, e esta instabilidade indica que o sistema está próximo (ou já passou) de um processo de mudança ou formação de um novo padrão;

b) Fase de bloqueio: refere-se à propriedade não-linear dos osciladores ciclo-limite de serem atraídos a um determinado modelo fásico ou estado estável. O exemplo citado acima, dos 50% fora de fase dos membros inferiores no andar, caracteriza bem esta propriedade;

c) Estabilidade estrutural: esta propriedade é responsável pela manutenção da estabilidade estrutural, não deixa pequenas perturbações afetarem sua órbita atrativa preferida. Para explorar esta propriedade, perturbações são impostas ao sistema, como por exemplo aumento da frequência de execução ou colocação de pesos nos membros.

Tipicamente, Kelso (1981) costuma trabalhar em seus estudos a questão da estabilidade do sistema através da perturbação dos padrões estáveis e a variabilidade do movimento frente essas perturbações. Kelso (1981) realizou um experimento utilizando a oscilação dos dedos indicadores de cada mão. Para o início da tarefa havia dois padrões de movimento: em-fase, onde o mesmo grupo muscular (homólogo) era acionado, ou seja, a posição inicial era com os indicadores posicionados para a linha mediana do corpo; ou fora-de-fase, onde os dedos moviam em paralelo. Os autores utilizavam o aumento da frequência de oscilação dos dedos como forma de

perturbar a estabilidade do sistema o que permitiu demonstrar que o padrão fora-de-fase era menos estável que o padrão em-fase. Em suma, a maioria dos padrões de coordenação inter-membros descreve um processo oscilatório não-linear, ou seja, apresentam comportamentos que não podem ser previstos.

Nos sistemas sinérgicos, quando os seus sub-sistemas estão próximos a pontos críticos, estes podem ordenar ou desordenar o sistema como um todo, assim provocando formações e mudanças de padrões. Para explicar o aparecimento de novos padrões a Teoria dos Sistemas Dinâmicos apresenta três princípios gerais que caracterizam esse comportamento.

O primeiro princípio refere-se a que sistemas complexos são reduzidos a estados atrativos simples. Isto significa que sistemas com potencialmente vários graus de liberdade se reduzem a padrões simples e distintos (WHITALL, 1991). Observado a nível comportamental, esse princípio pode ser representado pela estrutura coordenativa, que é considerada a unidade funcional do comportamento motor e envolve um conjunto de músculos e articulações atuando de forma uníssona.

A questão de como acontece a aquisição de padrões atrativos ou estados comportamentais é delineado pelo segundo princípio: sistemas auto-organizáveis. Este princípio indica que não há prescrição para formação e mudança de padrões, mais que isto, os padrões formam e mudam de acordo com as restrições do momento ou os limites ao redor do sistema. No processo de auto-organização a origem está no próprio processo e ele surgirá do entrelaçamento dos elementos que compõe um organismo ou sistema. As condições iniciais são fundamentais na estruturação do seu estado final, mas

não podem, por elas mesmas, determinar o processo (PELLEGRINI, 1996). A coordenação de um específico padrão de movimento, por meio de estruturas coordenativas, emerge do próprio sistema e é restrita pela estrutura do organismo, pelas exigências da tarefa e pelas condições ambientais nas quais o movimento é executado.

O terceiro princípio propõe que mudanças de uma forma estável para outra ocorrem através da graduação de parâmetros de controle. Este conceito de parâmetro de controle é encontrado na teoria sinérgica formulada por Haken e colaboradores, também conhecida como modelo HKB (HAKEN; KELSO; BUNZ, 1985). O conceito de estabilidade é o aspecto fundamental do modelo e de acordo com este modelo a estabilidade é convencionalmente descrita por um vale. Quanto mais estável o sistema, mais estreito e profundo é esse vale.

A estabilidade de um estado atrativo é verificada quando há manipulação de diferentes valores de parâmetros de controle e este estado ainda se mantém. Os parâmetros de controle regulam aspectos específicos do movimento sem mudar sua forma. Se o padrão é estável, não há mudança de padrão através da mudança de parâmetro de controle. Se o padrão está instável, mudanças no parâmetro de controle podem induzir uma transição para um padrão mais estável. Portanto, a manipulação do parâmetro de controle é um caminho para avaliar a estabilidade relativa de múltiplos padrões de um sistema complexo.

De acordo com Kelso (1995), dentro da teoria da sinérgica a idéia de um sistema auto-organizado é baseada no conceito de estabilidade,

mas o mais importante é que tal estabilidade pode ser perdida. Newell e Corcos (1993) chamam a atenção para o fato da estabilidade ser um conceito difícil de se definir, visto que uma única variável não seria suficiente para caracterizar a estabilidade de um sistema. Ainda, estes autores colocam que a estabilidade de um sistema é geralmente relatada pela facilidade do sistema em se acomodar frente a perturbações.

A estabilidade e a variabilidade são características usualmente encontradas nas ações motoras. Geralmente nos estudos de comportamento motor os termos referentes à estabilidade, invariância, consistência são contrapostos à variabilidade, porém esses termos não são sinônimos. A invariância é o conjunto de características que estão sempre presentes na ação motora definindo um padrão motor (NEWELL; SLIFKIN, 1998), sejam essas características de controle ou estrutural (SALTZMAN, 1995). Para Newell e Slifkin (1998), a invariância também pode ser interpretada como uma baixa variância de distribuição de escores. A consistência também é definida como uma redução da variabilidade (TANI, 2000).

A variabilidade é um aspecto natural do comportamento do organismo. Comparações de movimentos gerados por uma condição única em uma mesma tarefa inevitavelmente revelam performances diferentes – dois movimentos não seriam idênticos. Na concepção dinâmica, a variabilidade é considerada como inerente ao organismo considerado um sistema complexo de modo que, essa variação é explicada pela própria interação entre os elementos do sistema. Há evidência na literatura de que a natureza da

variabilidade do movimento é dirigida pela interação das várias fontes de restrição para a ação.

Em nível de descrição, a estratégia experimental encontrada para estudar e explicar a estabilidade/instabilidade do sistema é a identificação de variáveis coletivas específicas ou parâmetro de ordem do sistema e suas dinâmicas não-lineares (KELSO, 1994; TURVEY, 1990). Descrever um sistema através de suas variáveis coletivas resulta na descrição de um sistema de alta complexidade, composto por muitos graus de liberdade, de uma forma mais simplificada. Basicamente, variáveis coletivas representam o resultado do processo de interação dos componentes do sistema, ou seja, caracterizam o padrão motor (KELSO; SCHÖNER, 1988).

Vindo de alguns modelos experimentais (KELSO, 1994; TURVEY, 1990), uma variável coletiva bastante utilizada no estudo de ações que envolvem a participação dos membros é a fase relativa (FR), sendo considerada um parâmetro de ordem chave para o estudo da coordenação. A fase relativa discreta é definida como a diferença de fase entre dois sinais oscilatórios, isto é, o ponto de adiantamento de um sinal em relação ao outro dentro de um ciclo (HIRAGA, 1999).

Kelso (1994) apresenta três boas razões para se utilizar a fase relativa como variável coletiva: primeira, a FR captura a ordem espaço-temporal entre as interações dos componentes (que pode ser os mesmos ou diferentes); segunda, a FR muda muito mais devagar que as variáveis que descrevem os comportamentos individuais; terceira, usualmente os valores de



FR mudam abruptamente nas transições. Segundo Haken e colaboradores (1985), a FR reflete a cooperatividade entre os componentes do sistema.

Diante do referencial teórico apresentado, a questão que se coloca no momento é: como e quais medidas (variáveis) podem operacionalizar os conceitos de formação de padrão, estabilidade e instabilidade no estudo da coordenação e controle de movimentos, em específico no pular corda?

A execução do pular corda envolve a coordenação e o controle dos movimentos dos braços e pernas em relação à trajetória da corda, e estes dependem da organização das informações que o organismo capta referente à trajetória da corda e da frequência de batida da mesma. Assim, o relacionamento entre a informação sensorial disponível e a ação motora pode indicar alteração funcional do organismo perante o fluxo contínuo de estímulos que estão disponíveis no ambiente. A orientação espaço-temporal do corpo e de suas partes deve ser modulada durante toda a seqüência de pular corda de acordo com a dinâmica intrínseca (organismo) e com a dinâmica extrínseca (ambiente) exigida quando o sujeito salta batendo a corda ou quando a corda é batida por auxiliares em igual ou em diferente frequência (CARVALHO, 2003).

Assim, considera-se necessário identificar uma variável que capte a interação dos componentes desse sistema composto por dois sinais oscilatórios salto e corda, e suas dinâmicas. Acreditamos que a fase relativa pode nos fornecer essas informações, mostrando o padrão de coordenação do pular corda. A variabilidade da fase relativa indicará a estabilidade do padrão motor em questão (KELSO; SCHOLZ, 1985; SCHONER; HAKEN; KELSO, 1986).

Em termos de procedimentos experimentais e de análise, a FR pode ser capturada de duas diferentes formas: 1) discreta, pontos estimados são abordados e ilustram o tempo relativos a eventos chaves no ciclo de movimento, ou seja, avalia a coordenação em somente um ponto a cada ciclo; 2) contínua, utiliza todos os pontos referentes ao ciclo, e avalia espaço-temporalmente a coordenação (HAMILL; HADDAD; McDERMOTT, 2000).

Segundo Kelso, Scholz e Schöner (1986) a fase relativa discreta possui um problema metodológico, pois o seu resultado produz um número relativamente pequeno de pontos (dados do fenômeno comportamental) para a média temporal dentro de cada segmento. Em conseqüência, o fenômeno pode ficar oculto, pois não serão analisados todos os momentos do comportamento. Para resolver este problema, estes autores realizaram um experimento mais refinado, calculando a fase relativa contínua, a qual indica momento a momento a fase relativa entre os dois ciclos oscilatórios. Comparando os dois métodos de análise em um mesmo conjunto de dados, Kelso et al. (1986) concluíram que a fase relativa contínua seria mais apropriada para analisar a fase de transição quando pesquisado a mudança de padrão nos estudos com coordenação bimanual. Baseados nos resultados destes autores, utilizaremos em nossos experimentos a fase relativa contínua, para avaliar a coordenação na seqüência de saltos do pular corda, sendo que o cálculo desta variável será minuciosamente descrita no capítulo referente aos métodos e procedimentos.

Segundo Pattee (1977), nenhum modo de descrição sozinho é suficiente para explicar a coordenação e controle de movimentos, sendo que vários modos podem ser complementares e irreduzíveis a um só. Diante desse

fato, também utilizaremos variáveis que descreverão cada sinal oscilatório em separado, para poder complementar ou decifrar os resultados apontados pela variável coletiva.

Como no pular corda há uma contínua interação entre a corda e o salto, os dois eventos devem ser controlados de forma bastante recíproca, conseqüentemente gerando um grande fluxo de informação. Em se tratando de um estudo desenvolvimental, uma das questões dirigidas no presente estudo é de como as crianças lidam com esse grande fluxo de informação, se o controle de um ou dos dois componentes do sistema é afetado, e como isto se manifesta no padrão de coordenação do pular corda?

Para responder a estas questões, verificando possíveis mudanças no padrão de coordenação, utilizaremos como variáveis dependentes além da fase relativa, a altura máxima do salto e da corda, e o ângulo da articulação do joelho. Da mesma forma como feito com o cálculo da fase relativa contínua, o cálculo dessas variáveis será detalhadamente descrito na seção de métodos e procedimentos.

## **2.2 Desenvolvimento na infância**

Tendo em vista que desenvolvimento motor tem como característica principal a ocorrência de mudanças no comportamento motor ao longo da vida, desenvolvimento motor deve ser entendido como um processo dinâmico. Ou seja, o desenvolvimento motor deve ser visto como uma série de estados de estabilidade e instabilidade e mudanças de fases que propiciam ao sistema mudar de um estado atrativo para outro estado atrativo, que quando

visualizado a partir de um contexto mais amplo, caracteriza o curso desenvolvimental (THELEN, 1989).

Para tentar entender como ocorrem as mudanças no desenvolvimento motor é preciso entender o princípio da multicausalidade e o princípio da exploração-seleção. Segundo o princípio da multicausalidade, as mudanças no desenvolvimento motor são causadas por vários fatores, representados pelas restrições que podem ser organismicas, emocionais, psicológicas, ambientais, etc. É o conjunto desses fatores que influenciará decisivamente uma determinada ação motora, um determinado comportamento motor (THELEN, 1989).

O princípio da exploração e seleção consiste na exploração da tarefa a ser realizada pelo próprio indivíduo, que o leva a partir disso a manifestar um novo comportamento. Para haver a aquisição de novo comportamento, o primeiro passo é o “descobrimento” da nova tarefa, através da identificação da configuração da mesma em termos da relação dos segmentos corporais no contexto em que a tarefa é realizada. O segundo passo é o processo de refinamento que acontece com a repetição da tarefa de modo que a experiência na tarefa leva o indivíduo a estabelecer ciclos de percepção-ação relativos àquela tarefa (THELEN, 1989).

Assim, o princípio de exploração e seleção para o desenvolvimento motor se apóia num processo dinâmico baseado na participação ativa dos aprendizes e na informação pertinente à ação, que é um fator imprescindível para impulsionar as mudanças desenvolvimentais. Através desse princípio é que será gerada uma variedade de experiências perceptivo-

motoras que serão selecionadas de acordo com a intencionalidade do executante e o meio em que se encontra (BARELA, 2001).

Mudanças quantitativas e qualitativas no comportamento motor ocorrem ao longo da vida, porém as mais marcantes são verificadas na infância, depois na adolescência e diminuem na fase adulta, ganhando novo impulso na terceira idade (PELLEGRINI; BARELA, 1998). Clark (1994) identificou seis períodos que ocorrem durante a vida do desenvolvimento motor. O primeiro é o *período reflexivo*, que se inicia do nascimento até as duas primeiras semanas de vida. Os movimentos observados nesse período são em sua maioria reflexivos e involuntários, executados com a finalidade de garantir a sobrevivência do recém-nascido e propiciar as primeiras experiências de interação dele com o meio ambiente. O período *pré-adaptativo* é marcado pelos movimentos voluntários, período no qual o bebê terá que descobrir como controlar seu corpo de forma efetiva no ambiente em que vive, por exemplo, quando for levantar sua cabeça diante da força da gravidade.

O *período das habilidades motoras fundamentais* tem início por volta dos 12 meses, quando acontece a aquisição do andar e do alimentar-se independentemente e vai até os seis ou sete anos de idade. Neste período emergem os padrões locomotores fundamentais como andar, saltar, correr, os de manipulação como rebater, agarrar, e também as habilidades manipulativas finas. A oportunidade de prática nesse período é de grande importância para a aquisição e refinamento das habilidades de forma rica e variada, ou seja, o desenvolvimento das habilidades motoras fundamentais é fortemente influenciado pelo ambiente em que a criança vive. E esses padrões adquiridos

é que vão servir de base para a aquisição de formas mais complexas de movimento.

Por volta dos sete anos inicia-se o *período de habilidades motoras específicas ao contexto*, e este se prolonga até aproximadamente os 11 anos de idade. As habilidades adquiridas no período anterior são agora utilizadas para o desenvolvimento de habilidades escolhidas ou vivenciadas no contexto sócio-cultural em que a criança vive, como as atividades esportivas, danças ou recreativas. É nesse período que ela adapta os movimentos fundamentais adquiridos às características da atividade escolhida, isto é, adapta o salto ao pular corda, como será visto no presente estudo.

O *período habilidoso* é considerado como sendo o ápice das experiências anteriores. Inicia-se por volta dos 11 anos e estende-se por toda idade adulta, porém apenas parte da população atingirá este período, pois é altamente dependente do contexto que o indivíduo vive. Finalmente, o *período de compensação* corresponde ao período onde se inicia o declínio do funcionamento físico e fisiológico, as articulações vão perdendo flexibilidade, os músculos tornam-se mais rígidos, os órgãos dos sentidos não captam com tanta precisão a estimulação ambiental, o tempo de reação é aumentado. Diante dessas mudanças, a execução das atividades motoras é alterada sendo uma forma de compensação às mudanças pelas quais o organismo está passando.

Dois aspectos importantes do processo de desenvolvimento motor foram identificados por Pellegrini e Barela (1998) e resumem o exposto até aqui. O primeiro seria que o desenvolvimento é processo seqüencial, pois as

mudanças têm uma seqüência de aparecimento, e contínuo, pois o comportamento progride de movimentos mais simples para movimentos mais complexos e altamente organizados. O segundo aspecto é que as habilidades adquiridas nos períodos anteriores servem de base para novas aquisições de movimento.

Diante dessa perspectiva teórica sobre o desenvolvimento motor, identificaremos agora as principais características das restrições do organismo em seus diversos aspectos no desenvolvimento da infância, período que engloba as faixas etárias enfatizadas neste estudo. O período de 7 a 11 anos é caracterizado por aumentos lentos, porém estáveis, na altura e no peso, e por um progresso em direção à maior organização dos sistemas sensorial e motor.

As habilidades perceptivas vão sendo crescentemente refinadas. O aparato sensório-motor está trabalhando constantemente em harmonia, de modo que no final desse período a criança poderá desempenhar numerosas habilidades sofisticadas. Rebater bolas arremessadas ou pular corda são exemplos de habilidades que são aperfeiçoadas com o passar do tempo e com a prática, em função da melhora que ocorre na precisão visual, nas habilidades de perseguição, no tempo de reação e de movimento, e na integração sensório-motora (GALLAHUE; OZMUN, 2001).

A prática de habilidades de natureza perceptiva vai melhorar o processo de integração da percepção com as estruturas motoras. Se neste período da infância as crianças não tiverem oportunidade de prática, instrução e encorajamento, muitas não vão estabelecer as estruturas perceptivo-motoras

necessárias para desempenhar eficientemente seu repertório de atividades motoras.

No início desse período, o tempo de reação é lento, causando dificuldade na coordenação olho-mão e na coordenação olho-pé. As atividades que envolvem os olhos e os membros se desenvolvem mais lentamente. Atividades como rebater ou arremessar bolas requerem considerável prática para seu domínio. De modo geral, os mecanismos perceptivo-motores estão totalmente estabelecidos ao final desse período (GALLAHUE; OZMUN, 2001).

Com relação às habilidades motoras fundamentais, a maioria das crianças possui um potencial desenvolvimental para estar no estágio maduro por volta da idade de 6 anos (GALLAHUE; OZMUN, 2001; HAYWOOD; GETCHELL, 2001). A conquista real do estágio maduro dependerá da interação das restrições tarefa, indivíduo e ambiente, durante o período de prática.

Consideramos estágio maduro, sob a perspectiva dos sistemas dinâmicos, aquele em que o desempenho é suficientemente flexível de modo que ele possa ser alterado à medida que as necessidades do ambiente o exijam, sem prejuízo do alcance da meta da ação. Nesse estágio a criança deve ser capaz de (1) usar qualquer movimento, do seu próprio repertório de movimentos, para alcançar o objetivo; (2) mudar de um tipo de movimento para outro, quando a situação assim exigir; e (3) adaptar cada movimento a pequenas alterações na estimulação ambiental (GALLAHUE; OZMUN, 2001).

Entre as habilidades motoras fundamentais, a locomoção em suas várias formas, é importante para a exploração efetiva e eficiente do



ambiente. Envolve a projeção do corpo nos planos horizontal, vertical ou diagonal do espaço externo, alterando sua localização relativa a pontos fixos na superfície. Atividades como caminhar, correr, pular, escorregar e saltar obstáculos são exemplos de movimentos locomotores fundamentais.

Em relação à habilidade de saltar, utilizada no pular corda, ela é um ato motor que envolve a projeção do corpo verticalmente no ar, caracterizado por um impulso e pouso em um ou nos dois pés. O padrão maduro do saltar é atingido por volta dos 6 anos de idade (GALLAHUE; OZMUN, 2001; HAYWOOD; GETCHELL, 2001).

O estágio maduro do saltar apresenta as seguintes características: (1) agachamento preparatório com flexão de joelho entre 60 e 90 graus; (2) extensão firme dos quadris, joelhos e tornozelos; (3) elevação coordenada e simultânea dos braços; (4) inclinação da cabeça para cima com olhos focalizados em um alvo; (5) extensão total do corpo; (6) pouso controlado, bastante próximo do ponto de partida (GALLAHUE; OZMUN, 2001; HAYWOOD; GETCHELL, 2001).

Para a execução da habilidade motora do pular corda, a criança deve possuir controle das partes do corpo em movimento e da relação entre os movimentos das diversas partes do corpo. Os fatores de controle motor do equilíbrio (tanto estático como dinâmico) e da coordenação (tanto a motora rudimentar quanto a visuo-manual), em conjunto com os “fatores de produção de força”, agilidade, velocidade e energia, são considerados determinantes do desempenho motor. Os fatores de controle motor (equilíbrio e coordenação) são de particular importância no início da infância, quando a criança está

obtendo controle de suas habilidades motoras fundamentais. Os fatores de produção de força (velocidade, agilidade e energia) tornam-se mais importantes depois que a criança obtém controle de seus movimentos fundamentais (GALLAHUE; OZMUN, 2001) e passa para uma fase motora mais refinada que é o período habilidoso.

Rebater, apanhar, arremessar, chutar e driblar, todos requerem considerável quantidade de informação visual, integrada a ações motoras para que a meta da tarefa seja alcançada. Os movimentos devem ser visualmente controlados e precisos para projetar os membros superior e inferior e fazer contato com o objeto. A coordenação olho-mão ou olho-pé é caracterizada pela integração de informações visuais à ação dos membros.

O nível de desenvolvimento das capacidades perceptivas básicas determina o nível de desempenho nas habilidades motoras. Assim, a acuidade visual, a percepção de imagens em nível plano, a percepção de profundidade e a coordenação visuo-motora são importantes propriedades do sistema visual que determinam o desempenho motor. A visão é a modalidade sensorial básica que desempenha papel central no processo desenvolvimental. A coordenação visuo-motora refere-se à habilidade de acompanhar e fazer avaliações de interceptação de um objeto em movimento. A percepção de objetos em movimento continua se desenvolvendo aproximadamente até os 10-12 anos de idade (WILLIAMS, 1983).

A percepção espacial é um componente básico do desenvolvimento perceptivo-motor e pode ser dividida em duas subcategorias: (1) conhecimento de quanto espaço o corpo ocupa e (2) a habilidade de

projetar o corpo efetivamente no espaço externo. Por outro lado, a percepção temporal relaciona-se à aquisição de uma estrutura temporal adequada, sendo despertada e refinada ao mesmo tempo em que se desenvolve o mundo espacial da criança. A percepção temporal vincula-se intimamente à interação coordenada de vários sistemas musculares a muitas modalidades sensoriais. Os termos “coordenação-manual” e “coordenação entre olhos e pés” refletem a inter-relação desses processos. Neste sentido, Gallahue e Ozmun (2001) afirmam que um indivíduo com dimensão temporal bem definida é um indivíduo coordenado.

O ritmo é um importante componente no desenvolvimento de um mundo temporal estável. A atividade rítmica envolve a sucessão sincronizada de eventos no tempo. O ritmo é crucial no desempenho coordenado de qualquer ato (GALLAHUE; OZMUN, 2001), principalmente no pular corda.

Em crianças, os ritmos motores são manifestações voluntárias, que podem ser vistas em diversas tarefas que envolvam coordenação manual, bimanual ou intermembros, por exemplo, na dança ou num acompanhamento musical (PARKER, 1992). O controle de atividades rítmicas em crianças tem sido estudado usando tarefas relativamente simples em que a frequência ou o tempo do movimento são manipulados. De modo geral, a atividade rítmica requer do executante a captação da organização do padrão temporal do evento percebido. O ato de pular corda, brincadeira conhecida pela maioria das crianças, é uma tarefa rítmica na qual uma ação motora é sincronizada a um ritmo imposto (corda) e, portanto, exige o estabelecimento dessa organização temporal.

Na execução da grande maioria das atividades rítmicas, a tarefa pode ser realizada em duas condições, sendo a primeira com o ritmo preferido do sujeito, e a segunda com tempo imposto por um metrônomo ou flash de luz. Assim, o participante pode escolher o seu próprio ritmo ou acompanhar o ritmo imposto externamente. Para verificar a diferença na performance entre estas duas condições, vários estudos foram realizados utilizando um mesmo método. Nestes estudos a tarefa consistia em realizar a flexão e extensão do braço apoiado em um aparato que acompanhava esse balanceio (flexão-extensão). Segundo Parker (1992), o trabalho de Smoll em 1974, usando este método, revela que crianças jovens (5 e 6 anos) foram incapazes de manter a exatidão imposta pelo ritmo externo, enquanto que as crianças de 8 a 10 anos foram mais exatas e menos variáveis na performance.

Thomas e Moon (1976) verificaram que a variância nos escores individuais de crianças de cinco anos foi alta e igual nas duas condições, de tempo preferido e tempo imposto. Os resultados não apontaram diferença significativa entre meninos e meninas. Em outro estudo (SMOLL; SCHUTZ, 1982), com adultos, as frequências impostas foram definidas a partir do ritmo preferido, sendo acrescido 0.4 e 0.6 segundos para as condições rápidas e diminuído 0.4 e 0.6 segundos para as condições de frequências baixas. Os resultados mostraram que na condição mais rápida houve grande variabilidade espacial do movimento do braço. E na condição mais devagar houve grande erro no tempo, isto é, alta variabilidade no sincronismo com o ritmo imposto.

Outra tarefa utilizada para verificar o ritmo motor é a tarefa de tamborilar (*Tapping*), na qual é utilizado um membro para execução de

movimentos repetidos em um ritmo determinado pelo experimentador. Parker (1992) concluiu em sua revisão de literatura que: (1) as crianças são menos consistentes que os adultos na performance com ritmo preferido; (2) na performance rítmica não foi encontrada diferença relacionada ao gênero; (3) há diferença no *timing* rítmico (organização temporal) em função da idade e da velocidade do estímulo.

A sincronização de uma resposta motora com um evento no ambiente constitui-se em um problema freqüentemente encontrado pelo ser humano, qualquer que seja sua idade. Uma ação bem coordenada depende da iniciação da seqüência de ações no momento correto e da realização de movimentos com precisão temporal (FERRAZ, 1993). Para este autor, o pressuposto básico é o de que a capacidade cognitiva para lidar com a relação espaço-temporal é necessária para uma resposta correta nas situações de sincronização a evento externo. A organização perceptiva assume um papel de grande importância, visto que, para um ato sincronizatório bem sucedido, é necessário que seja feito o reconhecimento da velocidade do estímulo e então a antecipação não apenas de quando o estímulo atingirá o ponto de contato, mas também de quando iniciar o movimento para que não haja adiantamento nem atraso na resposta (TEIXEIRA et al., 1992).

Desta maneira uma questão surge: como as crianças usam a informação sensorial para organizar a ação motora? Existem dois tipos de informações que são utilizados pelo indivíduo para manter a estabilidade de uma ação motora: o *feedback* e o *feedforward*. O *feedback* é desencadeado quando a perturbação é causada pelos próprios movimentos do sujeito. A

informação sensorial obtida através do tato pode ser considerada informação do tipo *feedforward*, sendo que esta propicia ao organismo um controle antecipatório da ação motora que será executada (HAAS; DIENER; RAPP; DICHGANS, 1989). Ou seja, é com base na informação de *feedforward* que o executante pode agir realizando contrações musculares antes do início do ato motor para coordenar e controlar a ação. No caso do pular corda, a informação sobre a trajetória da corda quando o executante bate a corda, pode propiciar a ele um controle do tipo *feedforward* para possíveis ajustes no pular corda (CARVALHO, 2003).

Os mecanismos de *feedback* e *feedforward* não se desenvolvem da mesma forma ao longo do ciclo desenvolvimental. Os estudos com controle postural sugerem que os mecanismos de *feedforward* se desenvolvem mais tarde que os mecanismos de *feedback*. Desta forma, o mecanismo de *feedforward* ainda não estaria completo quando o *feedback* já está presente e, então, os dois mecanismos ainda continuariam a se desenvolver durante o período da infância. (HAAS et al., 1989). A idade exata em que ambos estariam completamente desenvolvidos é desconhecida, embora alguns estudos têm relatado que aos 3 e 4 anos as crianças já apresentariam o mecanismo de *feedback* estabelecido e o *feedforward* ainda não plenamente estabelecido (HAY; REDON, 1999). Além de surgirem em épocas diferentes estes mecanismos não se desenvolvem da mesma forma. Resultados de estudo com crianças de 3 a 10 anos, sobre os diferentes efeitos de perturbações esperadas e inesperadas no equilíbrio postural, levou os autores a concluírem que o mecanismo de *feedforward* não se desenvolve de uma maneira linear ao longo

do ciclo vital, como acontece com o mecanismo de *feedback* (HAY; REDON, 1999).

Diante da literatura revisada, encontramos evidências de que as crianças a partir de 7 anos já apresentam um nível mínimo de desenvolvimento para executar o pular corda. Então, as faixas etárias identificadas para este estudo foram de 7/8 anos e 11/12 anos, períodos que caracterizam o início e o fim do período do desenvolvimento das habilidades motoras específicas ao contexto. Neste período muitas mudanças de ordem comportamental ocorrem, o controle e coordenação de movimentos estão sendo refinados. O foco do presente estudo está nas mudanças na coordenação e controle dos movimentos, nas faixas etárias citadas e em adultos, assumindo que na idade adulta esse padrão motor estaria estabilizado.

O movimento utilizado para esta investigação é o pular corda. A ação do pular é um exemplo de movimento que exige uma relação espaço-temporal bem estabelecida ou sincronizada, pois se o salto não for realizado no momento correto o executante pode errar e a tarefa não ser realizada. Para um melhor entendimento do ato de pular corda é necessário o conhecimento de suas características e peculiaridades que serão apresentadas no próximo item.

### **2.3 O pular corda**

Apesar da importância e complexidade do ato de pular corda, essa ação ainda não é muito estudada na área de comportamento motor. Entre os estudos sobre o pular corda, encontramos o de Barreto (2000) que descreve esta habilidade motora como a combinação do movimento circular da corda

com uma movimentação vertical do indivíduo saltador, uma vez que o deslocamento vertical do corpo deve ser realizado em conjunto com o movimento angular da corda. Nesta ação, o corpo assume condição equivalente a um projétil, sujeito a todas as leis que governam seu movimento, enquanto a corda se torna um volante dinâmico de diversos tipos, sujeito a todas as leis que governam o movimento rotativo.

Assim, o ato de pular corda envolve: (1) mudanças repentinas poli-direcionais durante o curso do movimento; (2) um período de falta de contato com a superfície de suporte, seja repentinamente como na corrida ou explosivamente como no salto; (3) a estabilização postural, tanto das extremidades superiores quanto das inferiores; (4) deslocamento constante do centro de massa de modo a garantir a manutenção do equilíbrio; (5) antecipação do momento em que a corda se aproxima do solo.

O indivíduo realiza seu salto mediante coordenação da sua atividade muscular e da informação da corda captada pelo sistema háptico, como por exemplo, posição e velocidade da mesma. O salto é uma ação balística sutil, controlada, contínua e fluente que impulsiona o corpo em direção vertical, de modo que a altura conseguida seja suficiente para permitir a passagem da corda sob os pés.

De acordo com Barnett (1988), o ciclo de saltar sobre a superfície de apoio ocorre em três fases distintas. A fase I, denominada de fase de preparação, tem seu início quando ocorre a primeira flexão do ângulo da articulação do joelho e termina no momento anterior à primeira extensão do ângulo da articulação do joelho. A fase II, denominada de fase de ação, tem



seu início quando ocorre o primeiro aumento no ângulo da articulação do joelho e termina antes do pé perder o contato com a superfície de suporte. Finalmente, a fase III, denominada de fase de vôo, tem seu início a partir do momento em que não há contato do segmento pé com o solo, continua por todo o período de não-sustentação e termina no momento do restabelecimento (toque) do contato do pé com a superfície de suporte. Após esse momento, o corpo já deve ter readquirido as condições da fase I (fase de preparação) devendo estar pronto para o próximo ciclo dessa ação motora.

Apesar de parecer simples, o pular corda é uma habilidade motora muito complexa, e poucos são os trabalhos encontrados com o propósito de desvendar os aspectos de coordenação e controle exigidos pelo pular corda. No sentido de tentar explicar a intrincada relação existente entre a percepção e a ação, o Laboratório de Aprendizagem e Desenvolvimento Motor, LABORDAM (Unesp\RC), tem realizado alguns estudos utilizando o pular corda como janela para alcançar esse objetivo.

Através do pular corda podem ser alcançados passos importantes na compreensão do ciclo percepção-ação em movimentos cíclicos (SILVA; BUENO; PELLEGRINI, 2002). Um dos estudos pioneiros de caráter exploratório foi de Barreto e Pellegrini (1997), com o objetivo principal de verificar a estabilidade/instabilidade do padrão de pular corda, mediante restrições do ambiente e da tarefa (saltos individuais e em duplas, com frequência de batida da corda a 0.61Hz, frequência lenta, e 1.25Hz, frequência rápida). Participaram do estudo dez estudantes universitários, sendo cinco do gênero masculino e cinco do gênero feminino, com idade entre 17 e 20 anos. A

tarefa consistiu em executar dez saltos individuais e acompanhados de um indivíduo do gênero oposto. Nesse estudo a corda foi batida por dois auxiliares nas frequências citadas acima.

Os resultados do estudo mostraram que os indivíduos do sexo masculino apresentaram pouca sincronia entre braços e pernas; o calcanhar e a ponta dos pés saíam do solo simultaneamente, sendo o calcanhar a primeira parte do pé a tocar o solo; excessiva altura do salto, com movimento muito acelerado dos braços; grande número de erros na frequência rápida de batida de corda e tendência a modificar o tipo de salto quando acompanhados pelo indivíduo do gênero oposto. Ao contrário, as participantes do sexo feminino apresentaram boa sincronia entre braços e pernas, sendo a ponta do pé a primeira parte a sair e a chegar ao solo; altura do salto suficiente para ultrapassar a corda; pequeno número de erros na frequência rápida e tendência a não modificar o tipo de salto quando acompanhadas pelo indivíduo do gênero oposto. A partir desses resultados as autoras concluíram que, frente às restrições impostas (saltos individuais e em duplas, com diferentes frequências de batida da corda), as participantes do gênero feminino apresentaram padrão motor mais estável em relação aos participantes do gênero masculino.

Esses resultados podem estar refletindo a herança cultural adquirida pelas mulheres através das brincadeiras realizadas desde a infância. O ato de pular corda é muito verificado nas brincadeiras de rua, nos recreios escolares e também nos conteúdos dos programas de aula, principalmente de

Educação Física, na Educação Infantil e no Ensino Fundamental, sendo na grande maioria praticado pelas meninas.

Muitos outros aspectos já foram focalizados em estudos pelo LABORDAM, dentre eles, estudos com alterações na frequência de batida da corda (BARRETO, 2000), estudos relacionados a questão da informação (com e sem informação proprioceptiva) para o pular corda (ANDRADE; CARVALHO; PELLEGRINI, 2001). A natureza da informação sensorial (com informação visual e auditiva; com informação visual mais sem informação auditiva; sem informação visual, mas com informação auditiva e sem informação visual e sem informação auditiva) no pular corda quando a corda é batida pelo próprio executante foi investigada por Carvalho, Andrade e Pellegrini (2001). A questão da variabilidade da frequência da corda em função de como ela é determinada (imposta ou não por metrônomo) foi objeto de estudo de Bueno, Silva e Pellegrini (2002). Tendo em vista a predominância da movimentação do salto no eixo vertical no pular corda, e as possíveis alterações de controle em função do padrão motor, o padrão de força de reação do solo (FRS), em específico a força vertical máxima, para o ato de pular corda foi também investigado (BUENO; SILVA; PELLEGRINI, 2003; SILVA; BUENO; PELLEGRINI, 2003). O último trabalho desenvolvido no LABORDAM por Carvalho (2003), objetivou analisar os ajustamentos no pular corda em função da frequência da corda (1.4, 1.6 e 1.8 Hz) e da informação sensorial disponível (corda auto-controlada e externamente controlada).

Um outro aspecto relacionado com o pular corda foi a demanda atencional requerida para esta ação motora. No experimento de Silva, Bueno e

Pellegrini (2002), os universitários deveriam pular corda batendo a própria corda a uma frequência de 1.66 Hz em três condições realizadas consecutivamente: 1) pular corda sem nenhuma atividade mental simultânea (controle), 2) pular corda e verbalizar, o mais rápido possível, a seqüência de dígitos de um a dez (atividade mental leve), 3) pular corda e adicionar 3 ou 4 unidades (ex. 10, 14, 17, ...) (atividade mental pesada).

No experimento de Pellegrini, Bueno e Silva (2002), o mesmo paradigma experimental usado por Silva et al. (2002), foi empregado com o objetivo de verificar a estabilidade do padrão motor em diferentes frequências (frequência preferida, 1.47 Hz e 1.86 Hz), com base na análise da fase relativa discreta. Os resultados mostraram diferenças significativas na média da fase relativa, sendo que o maior valor de fase relativa foi encontrado na maior frequência da batida de corda, independente da condição (controle, atividade mental leve, atividade mental pesada). E maior variabilidade da fase relativa (valores de DP da fase relativa) na tarefa de maior demanda atencional, ou seja, maior frequência e maior nível de dificuldade. Os autores concluíram que a estabilidade do sistema ao pular corda está associada à demanda atencional.

A estabilidade da ação motora do pular corda em função da frequência da batida da corda foi verificada através da variabilidade da fase relativa. Os estudos de Bueno, Carvalho e Pellegrini (2003a, 2003b) apontam que os adultos apresentam estabilidade na relação salto-corda em diferentes frequências de batida da corda. No experimento de Bueno et al. (2003a), os resultados não mostraram diferença significativa entre as duas condições: 1) pular corda em uma frequência preferida (natural); 2) pular corda na frequência

imposta pelo metrônomo a 1.8Hz, sendo que a média da FR (fase relativa) na frequência natural foi de  $186,72^\circ (\pm 19,49)$  e na frequência imposta foi  $186,72^\circ (\pm 26,75)$ . No estudo de Bueno et al. (2003b) os resultados também não mostraram diferenças significativas entre a média da fase relativa nas quatro diferentes frequências (1.4, 1.6, 1.8 Hz e frequência natural) e entre a média da altura do salto para o pular corda com adultos nas diferentes frequências. Nestes dois estudos a corda foi batida pelo próprio participante.

Tendo em vista que para pular corda a partir de ritmo imposto o executante pode sincronizar o tocar dos pés no solo ou o toque da corda com o solo com o sinal sonoro do metrônomo. Silva, Bueno, Carvalho e Pellegrini (2003) investigaram, com universitários, se havia diferença na fase relativa entre estas duas formas de sincronização e entre os padrões de saltar (pernas alternadas e unidas). Os resultados indicaram diferenças significativas nos valores médios da fase relativa para os diferentes padrões de saltar, porém não alcançaram significância nos modos de sincronização ao estímulo. Para os valores de DP (desvio padrão) da fase relativa não houve diferença significativa entre os dois modos de sincronização.

Diante dos resultados dessa revisão da literatura sobre o pular corda verificamos lacunas e em específico a falta de estudos numa abordagem desenvolvimental, envolvendo outras faixas etárias e comparações entre gêneros. Verificamos também que a média e o desvio padrão da fase relativa são as medidas freqüentemente utilizadas para determinar a estabilidade do sistema. Em todos esses estudos foi utilizado o cálculo da fase relativa de modo discreto.

Com base na revisão da literatura levantamos as seguintes questões que são endereçadas no presente estudo:

1) Haverá diferença nos valores da fase relativa e do desvio angular da fase relativa em função do gênero e da idade dos participantes?

2) Haverá diferença na altura máxima do salto, na altura máxima da corda e no ângulo da articulação do joelho entre as diferentes faixas etárias e entre os gêneros dos participantes?

### **3. OBJETIVO**

#### **3.1 Geral:**

O objetivo deste estudo foi investigar o padrão de coordenação do pular corda em função da idade e do gênero dos participantes.

#### **3.2 Específicos:**

1) Investigar a relação espaço temporal corda-salto do pular corda em função da idade e do gênero dos participantes;

2) Investigar o deslocamento vertical do executante para a passagem da corda em função da idade e do gênero dos participantes.

3) Investigar o deslocamento vertical da corda em função da idade e do gênero dos participantes.

4) Investigar a amplitude angular da articulação do joelho na máxima flexão na fase de vôo em função da idade e do gênero dos participantes.

#### **4. HIPÓTESES**

Diante do objetivo proposto e da literatura revisada as hipóteses testadas foram:

H1) Haveria diferença no padrão e na estabilidade da relação espaço temporal corda-salto do pular corda em função da idade e do gênero dos participantes. Assim, quanto menor a idade dos participantes, maior será a fase relativa e menor a estabilidade da fase relativa. E, a fase relativa será menor e mais estável para o gênero feminino.

H2) Haveria diferença no deslocamento vertical do executante para a passagem da corda em função da idade e do gênero dos participantes. Assim, quanto menor a idade dos participantes, maior será a altura do salto. E, a média da altura do salto será menor para o gênero feminino.

H3) Haveria diferença no deslocamento vertical da corda em função da idade e do gênero dos participantes. Assim, quanto menor a idade dos participantes, maior será a altura da corda. E, a média da altura da corda será menor para o gênero feminino.



H4) Haveria diferença na amplitude angular da articulação do joelho na máxima flexão na fase de vôo em função da idade e do gênero dos participantes. Assim, quanto menor a idade, menor o ângulo do joelho. E, a média do ângulo da articulação do joelho será maior para o gênero feminino.

## 5. MÉTODO

### 5.1 Participantes

Participaram deste estudo trinta e seis (36) indivíduos, sendo seis (6) sujeitos do sexo masculino e seis (6) do sexo feminino de cada uma das seguintes faixas etárias: 7\8 (F1), 11\12 (F2), 18\25 (F3) anos. Para as faixas etárias menores foram convidadas crianças da Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental “Profª Maria Aparecida de Luca Moore” da cidade de Limeira, e para faixa etária maior alunos dos cursos de graduação do Instituto de Biociências (UNESP-RC). A média de idade da F1 foi de 7,82 anos (DP=0,33), da F2 foi de 11,02 anos (DP=0,27) e da F3 21,94 anos (DP=2,9). Os dados da estatura, massa corporal e comprimento do membro inferior são apresentados na Tabela 2 (ANEXO 1).

A participação no estudo foi vinculada à assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelo próprio participante ou pelo responsável, no caso das crianças. Este continha toda as informações sobre a

tarefa a ser realizada e os danos que poderiam ser causados; explicitava que os dados seriam utilizados somente para fins científicos e que a identidade de cada sujeito seria preservada.

## **5.2 Materiais**

Para a coleta de dados foram utilizados os seguintes materiais: duas câmeras de vídeo digitais da marca JVC (modelo gr-DVL9800u) fixadas sobre tripés; dois refletores de luz também fixados sob tripés; cordas de polipropileno de cor preta; três marcadores passivos fixados no corpo (esfera de isopor de 35 milímetros de diâmetro revestida por uma película refletiva da marca 3M de cor cinza), um marcador passivo fixado a corda (esfera de isopor de 50 milímetros de diâmetro revestida da mesma forma que a de 35 milímetros); vestimenta preta para os sujeitos (calça de lycra e camiseta), balança antropométrica com precisão de 100 gramas, estadiômetro, fita métrica; calibrador com marcas referenciais e um apito.

Para o tratamento dos dados foi utilizado um micro computador contendo os seguintes programas computacionais: Software DVIDEOW 4.0 (Digital Vídeo for Biomechanics for Windows 32 bits), desenvolvido pelo Laboratório de Instrumentação para Biomecânica – Faculdade de Educação Física – FEF e pelo Instituto de Computação da Universidade de Campinas – UNICAMP (BARROS; BRENKIKOFER; LEITE ET AL., 1999), para medição, sincronização e reconstrução das imagens; Placa de vídeo Studio DV (Pinnacle) para captura das imagens, Programa Statistica 4.3 for Windows para

realização da análise estatística e Programa MATLAB versão 6.5 (Math Works Inc.) para o cálculo das variáveis dependentes.

### **5.3 Procedimentos**

Os participantes e responsáveis receberam orientação sobre o objetivo e os procedimentos a respeito das tarefas que seriam executadas. Foi entregue aos sujeitos e responsáveis um Termo de Consentimento referente à participação no experimento (ANEXO 1). Após assinar o Termo de Consentimento, os participantes e responsáveis foram informados do local, dia e horário para a realização da coleta de dados. A coleta de dados das duas faixas etárias menores foi realizada na escola que elas freqüentavam e dos adultos nas dependências do Departamento de Educação Física, UNESP/IB/RC.

Antes da filmagem de cada um dos participantes foram coletados seus dados antropométricos (massa corporal e estatura). Os participantes estavam vestidos com calça e camisa preta. Posteriormente, foram fixados, no lado direito do hemicorpo, marcadores passivos (ZATSIORSKY, 1998), nos seguintes pontos: 1 – maléolo lateral (articulação do tornozelo); 2 – epicôndilo lateral do fêmur (articulação do joelho); 3 - trocânter maior (articulação do quadril), definindo assim, os segmentos coxa e perna. Foram previamente preparadas cordas de vários comprimentos e antes do início da coleta de dados, os participantes testavam qual delas seria a mais confortável para pular corda.

A tarefa consistia em realizar seqüências de saltos até completar a somatória de no mínimo 30 saltos na freqüência preferida pelo sujeito, sendo

a corda batida pelo próprio participante. Caso o participante, em algum momento, cometesse um erro, ele reiniciava a tentativa a fim de completar a série de saltos. Quando necessário ou solicitado pelo executante, foi dado intervalo entre as seqüências de saltos para descanso.

Antes de iniciar o registro das performances em vídeo, no local de execução da tarefa foi posicionado o calibrador com os valores absolutos (em centímetros) das coordenadas cartesianas X, Y e Z, para obtenção do referencial para tratamento dos dados. O sistema de referência utilizado neste estudo foi determinado como o eixo "Y" orientado no sentido vertical, o eixo "X" orientado no sentido horizontal e perpendicular ao eixo "Y" (paralelo ao posicionamento das câmeras) e o eixo "Z" foi definido como produto vetorial de "X" por "Y" (ZATSIORSKY, 1998).

Os participantes foram filmados a partir de uma vista lateral, no plano sagital, como mostra a Figura 1.

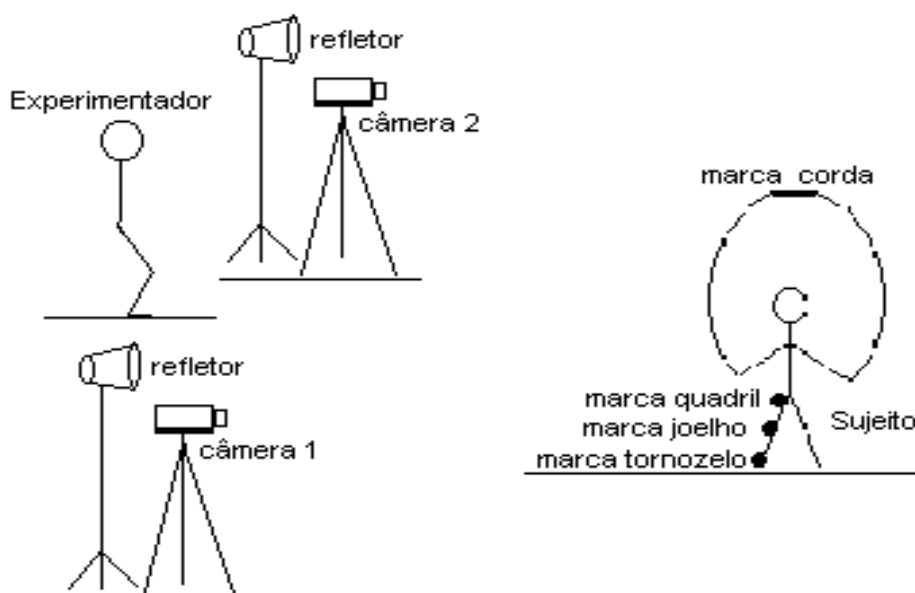


Figura 1: Representação esquemática da condição experimental.

No presente estudo foram utilizadas duas câmeras de vídeo digitais ajustadas na frequência de captura de 120 Hz. Para a obtenção de melhores imagens foram ainda necessários ajustes de foco manual e regulagem de Shutter de 1/250.

As câmeras C1 e C2 foram posicionadas paralelamente à região central da área demarcada no solo para a realização da tarefa, a uma altura de 1,80 metros em relação ao solo. A distância entre C1 e C2 foi de 1,83 metros, sendo que C1 foi posicionada a 9,12 metros e C2 a 9,47 metros a esquerda do local demarcado no solo. Dois refletores de luz (500 Watts) foram colocados próximos das câmeras e na mesma altura delas. O enquadramento de C1 e C2 focalizou os marcadores passivos fixados no corpo e na corda durante toda a execução da tarefa.

Foi realizada uma pré-avaliação com as crianças selecionadas das duas faixas etárias menores, na qual foi verificado que a maioria delas não conseguia executar consecutivamente o mínimo de execuções do pular corda previsto para o estudo. Este fato impossibilitaria a análise dos dados, ou seja, a obtenção das variáveis dependentes. Assim, durante uma semana foram realizadas quatro sessões de práticas de 15 minutos cada, antes da coleta de dados. Nestas sessões os participantes realizavam movimentos rítmicos, de coordenação, habilidades básicas como andar, correr, saltar, e finalmente o pular corda. Foram utilizados para testagem das hipóteses relativas às crianças apenas os dados da segunda coleta.

## 5.4 Tratamento dos dados

### 5.4.1 Captura, desentrelaçamento e sincronização de imagens.

Para análise das imagens, após o registro em vídeo foram capturadas as seqüências desejadas, que foram armazenadas no computador em formato AVI (audio video interlace). Para isso, foi utilizado uma placa de vídeo Studio DV da marca Pinnacle. Após a captura, através do software Dvideow foi realizado o desentrelaçamento (separação dos “fields”) destas imagens, permitindo assim a obtenção de imagens nítidas, com resolução de 120 Hz. Para que houvesse uma relação temporal entre as imagens das duas câmeras, ou seja, para que a captura das imagens registradas pelas câmeras fossem as mesmas, estas foram sincronizadas pelo pico do sinal sonoro, que na coleta de dados foi dado através de um apito.

### 5.4.2 Medição

Para obtenção dos valores para cálculo das variáveis dependentes foi feita a medição, quadro a quadro, das marcas passivas na seguinte ordem: 1) articulação do tornozelo, 2) articulação do joelho, 3) articulação do quadril e 4) corda. A medição fornece os valores em pixel dos marcadores.

A medição da marca passiva do primeiro quadro foi feita manualmente com o mouse e a partir do segundo quadro através do software Dvideow pela opção “Tracking” automático, que se utiliza de morfologia matemática presente neste ambiente. Devido às dificuldades de medição

automática em toda a seqüência de quadros (no pular, por exemplo, geralmente ocorre a passagem do braço encobrendo a marca passiva colocada na articulação do quadril) a medição semi-automática integrou a ação do operador, recurso existente no software para detecção de padrões.

Além das imagens das performances, as imagens dos calibradores também foram medidas, identificando os pontos a serem utilizados como referência.

#### 5.4.3 Calibração

Para calibrar as câmeras a partir de um referencial com dimensões conhecidas, foi carregada a seqüência de imagens de interesse e foram digitados os valores referentes a cada marca passiva do calibrador. Em seguida, foram calibradas as câmeras colocadas lateralmente ao movimento filmado através do calibrador referente a elas (este procedimento também foi realizado através do mesmo software Dvideow).

#### 5.4.4 Obtenção dos dados tridimensionais

O fenômeno do pular corda é tridimensional, mas para quantificá-lo, este estudo apoiou-se em uma metodologia que utiliza imagens bidimensionais e, por isso, necessitou da reconstrução tridimensional. O processo utilizado para a reconstrução tridimensional foi o (DLT) "Direct Linear Transformation" que é um método de equações aplicado para quantificar os parâmetros da reconstrução (BARROS et al., 1999).



A reconstrução tridimensional consiste na obtenção de coordenadas espaciais a partir de registros de suas imagens e foi inicialmente proposta por Abdel-Aziz e Karara (1971). Sendo assim, a partir da seqüência de imagens da mesma seqüência do pular corda, geradas por câmeras diferentes, foi realizada a reconstrução tridimensional. Ela consistiu na localização das marcas nos sujeitos no espaço tridimensional com as posições relativas no espaço (realizada também através do mesmo software) para a obtenção das coordenadas espaciais que estavam dispostas em forma de matriz, ou seja, das coordenadas x, y e z de todos os pontos de interesse.

#### 5.4.5 Suavização

Posteriormente, para separar os sinais dos ruídos e as possíveis discrepâncias dos valores das coordenadas espaciais, o conjunto de dados obtidos no processo de reconstrução foi suavizado através de um filtro digital Butterworth, de quinta ordem, na freqüência de corte de 5 Hz definida pelo método de Winter (1990).

#### 5.4.6 Obtenção da freqüência de batida da corda

Para obtenção da freqüência de batida da corda, primeiramente foi contado o número de “frames” que correspondeu à série de saltos a ser analisada. O número total de “frames” desta série foi dividido pelo número de ciclos da mesma, obtendo-se a média de “frames” por ciclo da seqüência a ser analisada. O resultado desta divisão foi multiplicado por 0,0083 (valor em segundo do “frame”) a fim de se obter a duração de 1 ciclo em segundos. Para

obtermos o valor da frequência de batida da corda em Hz, dividimos 1 pelo valor do ciclo em segundos. O cálculo da frequência de batida da corda é descrito pelo algoritmo:

$$\text{Frequência} = 1/((n^{\circ} \text{ frames}/n^{\circ} \text{ ciclos}) * 0.0083)$$

Este valor em segundos do “frame” (0,0083) foi obtido pela referência do valor da frequência de captura da câmera, ou seja, como a frequência de captura foi de 120 Hz, dividimos 1 segundo pela frequência de captura, obtendo o valor em segundos de cada frame.

#### 5.4.7 Obtenção da fase relativa contínua (FRC)

O relacionamento espaço-temporal entre o salto e a trajetória da corda foi analisado por meio da FRC expressa em graus (°). No presente estudo a FRC foi definida como sendo a diferença de fase entre dois sinais oscilatórios, ou seja, o ponto de adiantamento de um sinal em relação ao outro dentro do mesmo ciclo. A FRC foi calculada seguindo o modelo proposto por Kelso et al., (1986):

$$\text{FRC} = f_{\text{ corda}} - f_{\text{ tornozelo}}$$

Sendo que “f corda” corresponde ao espaço de fase da corda e “f tornozelo” ao espaço de fase do tornozelo.

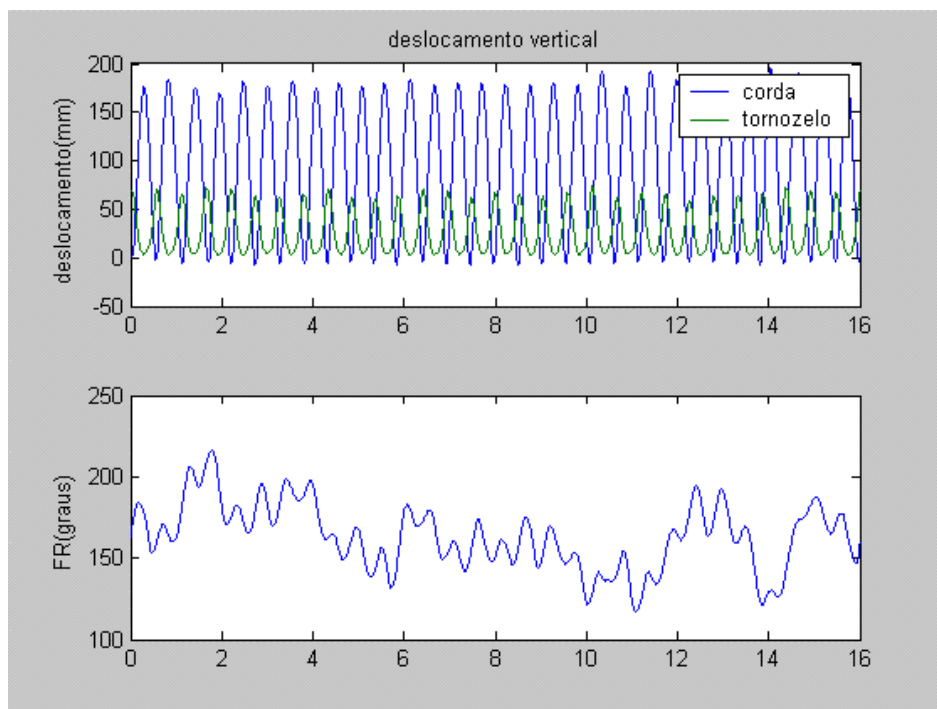


Figura 2: Na parte superior da figura temos o gráfico rerepresentando o deslocamento vertical da corda (azul) e tornozelo (verde) durante uma seqüência no pular corda. Na parte inferior da figura está a FRC em graus desta mesma seqüência.

O cálculo da FRC no presente estudo foi desenvolvido em linguagem Matlab. Primeiramente foi utilizada a função “hilbert”, que transformou os dados discretos em contínuos, sendo que neste processo foram adicionados números complexos na matriz. Para o cálculo do espaço de fase foi utilizada a função “angle”, que calcula o espaço de fase, em radianos, de uma matriz com elementos complexos. Para solucionar o problema da redundância em “ $\pi$ ” e “ $2\pi$ ” foi utilizada a função “unwrap” e para transformação dos dados de radianos para graus, os mesmos foram multiplicados por  $180/\pi$ . Posteriormente, foi realizada a subtração entre o espaço de fase da corda e o espaço de fase do tornozelo, ponto a ponto.

Kurze e Stergiou (2002) sugerem que as diferentes amplitudes entre os osciladores podem não ser de fato um problema para o cálculo da

FRC devido às propriedades da função arco tangente no cálculo do espaço de fase. Assim, nenhuma normalização foi efetuada no presente estudo.

#### 5.4.8 Obtenção da altura do salto e da corda.

Para o cálculo da altura do salto foram utilizados apenas os valores da coordenada “y”, que corresponde ao deslocamento no eixo vertical, da marca do quadril (trocanter maior). Este cálculo foi realizado através de uma rotina em linguagem MATLAB especificamente desenvolvida para o cálculo da altura do salto. Esta rotina nos forneceu a altura máxima atingida em centímetros pela marca do quadril em cada um dos saltos de cada tentativa, sendo que na seqüência foi calculada a média da altura máxima atingida pela marca do quadril em cada condição. Em seguida, deste valor foi subtraída a altura do marcador do quadril no momento em que o participante se encontrava na posição ereta (distância da superfície de contato à marca fixada no trocanter maior). Para obtermos esta medida foi pedido ao participante, antes no início da coleta, para permanecer alguns segundos na posição ereta afim de que fosse realizada a filmagem da marca do quadril. A Figura 3 traz uma representação deste cálculo.

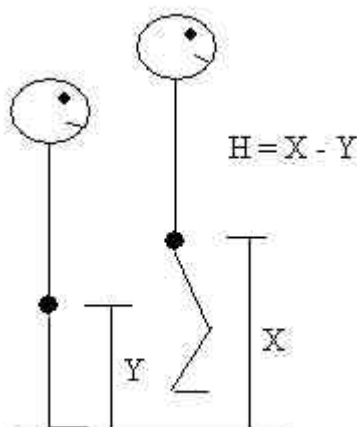


Figura 3: Representação das medidas para cálculo da altura do salto, sendo que  $H$  = altura do salto,  $X$  = altura máxima atingida na fase de vôo e  $Y$  = distância da marca fixada no trocanter maior à superfície de contato com o participante na posição ereta.

A altura da corda foi obtida de forma semelhante, porém os dados dos picos da corda foram corrigidos pela estatura de cada participante. Para análise dos dados foi utilizada a média da altura da corda nos ciclos como variável dependente.

#### 5.4.9 Obtenção do ângulo da articulação do joelho.

Os ângulos da articulação do joelho foram calculados com base nas marcas passivas fixadas nas articulações do quadril, do joelho e do tornozelo, identificando os segmentos coxa e perna. O cálculo do ângulo da articulação do joelho foi feito com base no produto interno entre os vetores dos segmentos coxa e perna. Estes valores foram obtidos através da função “dot”, em rotina escrita na linguagem do software Matlab. De posse destes dados, foram calculados a média dos ângulos articulares (em graus) referentes ao ponto máximo de flexão na fase de vôo nos ciclos do pular corda, e o desvio

angular, representado pelo desvio padrão dos pontos dos ângulos articulares nos ciclos.

### **5.5 Tratamento estatístico**

Análises de variância (ANOVAs Two Way), tendo como fatores principais gênero (2) e faixa etária (3) foram realizadas para verificar possíveis diferenças nas seguintes variáveis dependentes: fase relativa, desvio angular da fase relativa, altura do salto, altura da corda e o ângulo da articulação do joelho na máxima flexão da fase de vôo. Em cada uma das análises, quando necessário, o teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < .05$ ) foi utilizado, ou seja, quando as análises de variância indicaram diferenças significativas entre três ou mais médias. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico *Statistic for Windows* - Versão 4.3.

Para testar a Hipótese 1 de que haveria diferença significativa no padrão e na estabilidade da relação espaço-temporal corda-salto do pular corda em função da idade e do gênero do executante, foi empregada ANOVA com os fatores principais gênero (masculino e feminino) e faixa etária (7/8, 11/12 e 18/20 anos). As variáveis dependentes foram a fase relativa contínua e o desvio angular, expressos em graus.

Para testar a Hipótese 2 de que haveria diferença significativa no deslocamento vertical do executante para a passagem da corda em função da idade e do gênero do participante, foi empregada ANOVA com os fatores principais gênero (masculino e feminino) e faixa etária (7/8, 11/12 e 18/20 anos). A variável dependente foi a altura do salto, expressa em centímetros.

Para testar a Hipótese 3 de que haveria diferença significativa no deslocamento vertical da corda em função da idade e do gênero do participante, foi empregada ANOVA com fatores principais o gênero (masculino e feminino) e a faixa etária (7/8, 11/12 e 18/20 anos). A variável dependente foi a altura da corda, expressa em centímetros.

Para testar a Hipótese 4 de que haveria diferença significativa na amplitude angular da articulação do joelho na máxima flexão na fase vôo em função da idade e do gênero do participante, foi empregada ANOVA com os fatores principais gênero (masculino e feminino) e faixa etária (7/8, 11/12 e 18/20 anos). A variável dependente foi o ângulo da articulação do joelho, expressa em graus.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este estudo teve como objetivo geral investigar o padrão de coordenação do pular corda em função da faixa etária e do gênero. Por se tratar de um estudo de caráter desenvolvimental, primeiramente iremos caracterizar os participantes das faixas etárias estudadas em termos das características físicas. Em seguida, apresentaremos e discutiremos os resultados das análises estatísticas referentes à frequência de batida de corda observada em cada faixa etária, número de saltos e tentativas, e posteriormente os resultados das variáveis dependentes, FRC e desvio angular da FRC, altura do salto, altura da corda, e ângulo da articulação do joelho.



## 6.1 Dados antropométricos

### 6.1.1 Estatura

Com relação a estatura, foi verificado que os participantes da F1 tinham média de 139,0 centímetros ( $\pm 9,0$ ), da F2 de 145,0 centímetros ( $\pm 6,0$ ) e da F3 de 172,0 centímetros ( $\pm 9,0$ ). Os resultados da ANOVA gênero (2) e idade (3), com a estatura como variável dependente indicou que o fator gênero não alcançou nível de significância, mas que o fator faixa etária alcançou tal nível,  $F(2,30) = 68,45$ ,  $p < 0,0001$  (TABELA 4, ANEXO 2). O teste a posteriori de Tukey HSD apontou serem as médias das estaturas das crianças das faixas etárias F1 e F2 menores que a dos adultos (TABELA 5, ANEXO 2).

As crianças da faixa etária de 7/8 anos apresentaram valores de estatura superiores aos encontrados por Guedes e Guedes (1997), apresentados em função do gênero sendo para as meninas média de 121,16 cm e para os meninos de 122,10 cm. Os resultados do estudo de Guedes e Guedes (1997) não indicaram diferenças significativas na estatura entre meninos e meninas, porém apresentaram entre as faixas etárias. No presente estudo, o fato de não termos encontrado diferença significativa na estatura entre as faixas etárias menores (F1 e F2) pode ser devido à média de estatura da F1 estar acima da média populacional para esta faixa etária, segundo os valores encontrados na literatura, e assim muito próxima da média da F2.

### 6.1.2 Comprimento do membro inferior (CMI)

Os resultados da ANOVA gênero (2) e idade (3), com o comprimento do membro inferior como variável dependente, revelaram ter o fator principal faixa etária alcançado nível de significância,  $F(2,30) = 63,48$ ,  $p < 0,0001$ , assim como a interação entre os fatores faixa etária e gênero,  $F(2,30) = 5,12$ ,  $p < 0,05$  (TABELA 6, ANEXO 2). Os resultados do teste a posteriori de Tukey HSD da interação são apresentados na Tabela 7 (ANEXO 2), e apontaram diferenças significativas entre o CMI do gênero masculino (86,23 cm) e feminino (76,46 cm) somente na F3, dos adultos. Também indicou diferença em relação ao gênero masculino entre F1 e F2, F1 e F3, e F2 e F3. Em relação ao gênero feminino, houve diferença somente entre F1 e F2, e F1 e F3 (FIGURA 4).

Quando em foco o comprimento do membro inferior, os resultados refletiram a diferenciação de desenvolvimento que ocorre a partir da adolescência entre homens e mulheres. No presente estudo, para o gênero feminino não foi verificada diferença no CMI entre a F2 e a F3, espelhando o “platô” identificado por volta dos 14 anos por Guedes e Guedes (1997). No desenvolvimento dos rapazes, o “estirão de crescimento” inicia-se mais tarde quando comparado com as moças, porém também finaliza-se mais tarde. Então, os dados do presente estudo sugerem que os meninos da F2 ainda não entraram na fase de estirão do crescimento, a qual supostamente aconteceria nos anos subseqüentes, o que explicaria a grande diferença nos valores do comprimento do membro inferior encontrados entre os 11/12 anos e a idade adulta.

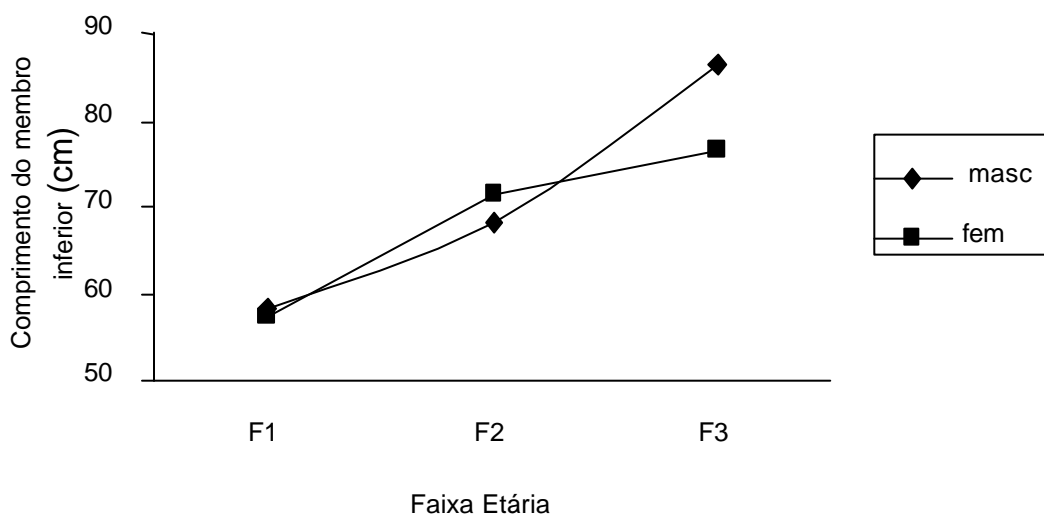


Figura 4. Média do comprimento do membro inferior (cm) em função da faixa etária e do gênero dos participantes.

Não foi observada diferenças estatisticamente significantes na estatura dos participantes entre a F1 e a F2, porém no CMI foram verificadas diferenças entre essas duas faixas etárias. De modo geral, podemos inferir que a estatura das faixas etárias são iguais, mas a proporção em relação ao tamanho dos membros inferiores é diferente.

### 6.1.3 Massa corporal

Os resultados ANOVA gênero (2) e idade (3), com a massa corporal como variável dependente indicou que apenas o fator faixa etária alcançou nível de significância,  $F(2,30) = 61,27$ ,  $p < 0,0001$ , (TABELA 8, ANEXO 2). O teste a posteriori de Tukey HSD indicou serem as médias da F1 e da F2 menores que a da F3, ver Tabela 9 (ANEXO 2). Os resultados são apresentados na Figura 5.

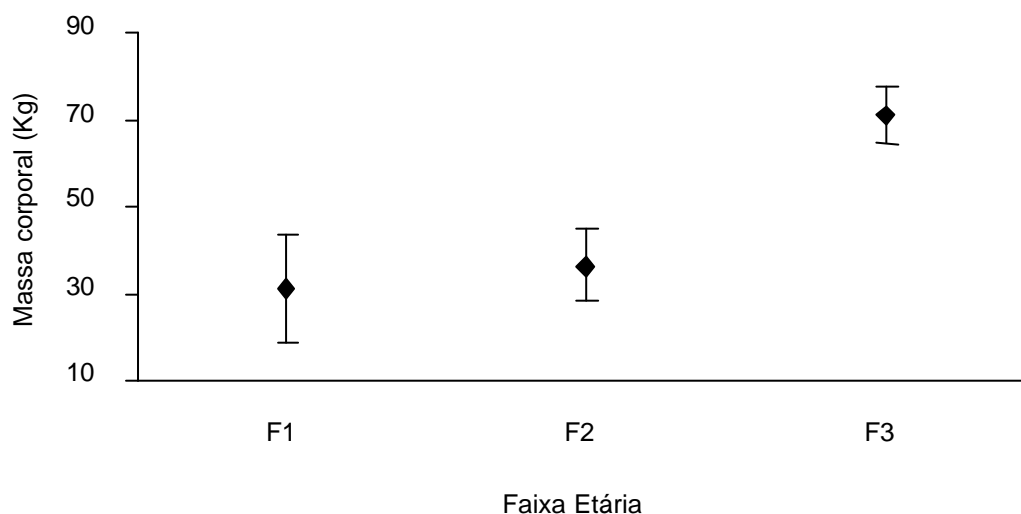


Figura 5. Média e desvio padrão da massa corporal (Kg) em função da faixa etária dos participantes.

Da mesma forma que a estatura, os valores de massa corporal das crianças menores (F1) também são superiores aos previstos para esta faixa etária por Guedes e Guedes (1997), e não diferentes significativamente dos valores relativos à média das crianças maiores (F2).

## 6.2 Frequência da corda

Com relação à frequência da batida da corda, os resultados da ANOVA gênero (2) e idade (3), com a frequência de batida da corda como variável dependente, indicou que nenhum dos fatores principais alcançou nível de significância, faixa etária,  $F(2,30) = 1,02$ ,  $p > 0,05$ ; e gênero,  $F(1,30) = ,45$ ,  $p > 0,05$ ; interação,  $F(2,30) = ,14$ ,  $p > 0,05$ , (TABELA 10, ANEXO 2).

Uma vez que a frequência da corda era de livre escolha dos participantes, consideramos que mesmo o resultado estatístico não apontando

diferenças significativas ser de grande relevância apresentar os resultados da frequência de batida da corda em função da faixa etária (FIGURA 6).

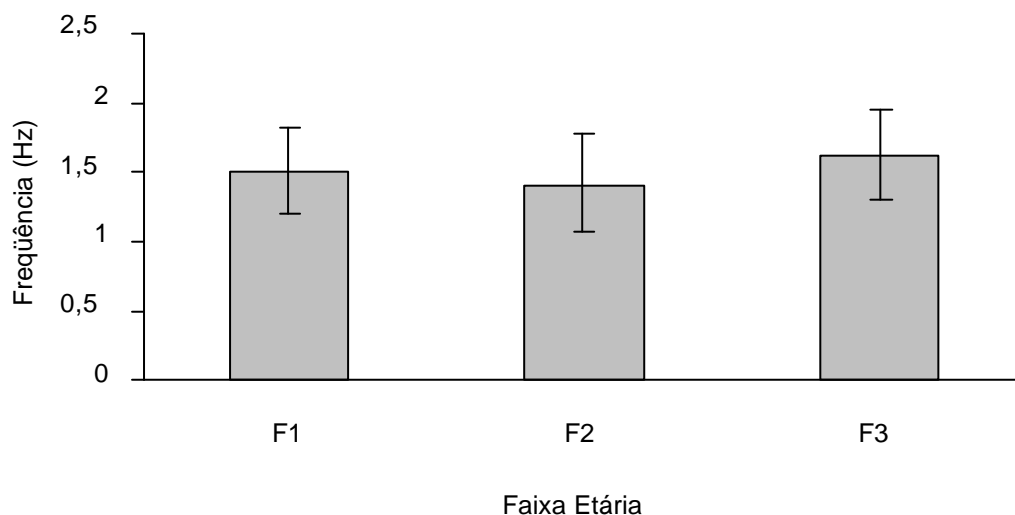


Figura 6. Média e desvio padrão da frequência da batida da corda (Hz) em função da faixa etária dos participantes.

### 6.3 Número de saltos e tentativas

Como citado anteriormente, não foram analisados os dados da primeira avaliação do pular corda das duas faixas etárias menores devido à dificuldade das crianças atingirem o mínimo necessário para o estudo. Na primeira avaliação, a média de saltos executados por tentativa da F1 foi de 9,6 saltos ( $\pm 4,90$ ) e da F2 de 13,9 saltos ( $\pm 5,74$ ). Depois das sessões de prática a média de saltos da F1 subiu para 12,3 saltos ( $\pm 4,43$ ) e da F2 para 16,0 saltos ( $\pm 4,85$ ).

O número necessário de tentativas para que as crianças alcançassem o mínimo de 30 saltos diminuiu depois das sessões de prática. Na primeira avaliação, a F1 necessitou em média 3,1 tentativas ( $\pm 0,9$ )

enquanto que a F2 de 2,3 tentativas ( $\pm 0,7$ ). Já na segunda avaliação, a média da F1 foi de 2,4 tentativas ( $\pm 0,7$ ) e da F2 de 2,2 tentativas ( $\pm 0,4$ ).

#### 6.4 Padrões de salto

Durante a coleta de dados não foi imposto nenhum padrão de saltar, de modo que o participante executava o padrão que considerava mais confortável. Com base na análise visual dos dados verificamos padrões diferentes de saltar, e com o intuito de caracterizar o padrão motor dos participantes deste estudo apresentamos esses dados em função das faixas etárias estudadas (TABELA 1). Detectamos três padrões diferentes de salto: 1) Pés unidos – os participantes saltam com os dois pés juntos de modo consecutivo, sem sobre-saltos, ou seja, para cada ciclo da corda, um salto é realizado; 2) Pés unidos com sobre-saltos - os participantes saltam com os dois pés juntos de modo consecutivo, porém para cada ciclo da corda é realizado um salto e um saltito (sobre-salto); e 3) Com perna de abordagem – os participantes primeiramente elevam uma perna a frente (perna de abordagem) para a passagem da corda, e depois da chegada do pé dessa perna no solo a outra perna é flexionada para a passagem da corda sob o outro pé que, em seguida retornará ao solo, reiniciando o ciclo seguinte do saltar.

Tabela 1. Frequência absoluta de participantes por padrão de salto em função da faixa etária.

<b>Padrões de salto</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
1 (Pés unidos)	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
2 (Pés unidos com sobre-saltos)	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>4</b>
3 (Com perna de abordagem)	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Foram identificados três padrões de salto sendo que em cada faixa etária um deles se sobressaiu. Entre as crianças mais jovens (F1), a maioria pulava corda com uma perna de abordagem. Entre as crianças mais velhas (F2), a maioria saltou com os pés unidos e com sobre-saltos enquanto que os adultos (F3) saltaram também com os pés unidos, porém sem sobre-saltos. Estes resultados indicam uma seqüência evolutiva na aprendizagem e/ou aperfeiçoamento do pular corda, sugerindo que o padrão habilidoso desta ação corresponde ao saltar com os pés unidos, sem sobre-saltos. Chamamos a atenção para o fato de que embora as crianças das duas faixas etárias não fossem diferentes em termos de altura e peso, o modo de saltar era diferente. Isto indica que semelhantes estruturalmente, estas crianças apresentam diferenças funcionais na produção de padrões motores.

### **6.5 Fase relativa contínua (FRC)**

Os resultados da ANOVA gênero (2) e idade (3) com a FRC como variável dependente, revelaram ter somente o fator faixa etária alcançado nível de significância,  $F(2,30) = 3,86$ ,  $p < 0,05$ , ver Tabela 11 (ANEXO 2). Segundo o teste a posteriori (TABELA 12, ANEXO 2), a FRC da F1 é maior somente em relação à F3, (FIGURA 7). Com relação ao desvio angular da FRC, os resultados da ANOVA gênero (2) e idade (3), revelaram somente o fator faixa etária ter alcançado nível de significância,  $F(2,30) = 3,61$ ,  $p < 0,05$ , (TABELA 13, ANEXO 2). No entanto, o teste a posteriori de Tukey HSD não apontou nenhuma diferença significativa do desvio angular entre as faixas etárias estudadas (TABELA 14, ANEXO 2).

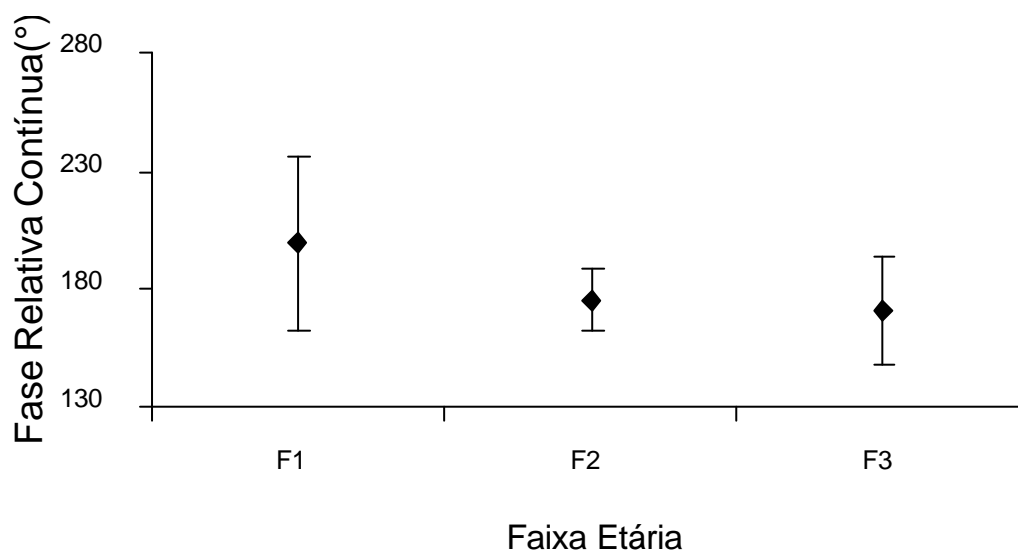


Figura 7. Média e desvio padrão da Fase relativa contínua (°) em função da faixa etária dos participantes.

Para verificar a primeira hipótese levantada de que haveria diferença no padrão e na estabilidade da relação espaço temporal corda-salto do pular corda em função da idade e do gênero dos participantes, iremos discutir os resultados relacionados à média e ao desvio angular da Fase relativa contínua.

Foi verificada diferença no padrão da relação espaço temporal corda-salto entre as crianças menores e os adultos, sendo que as trajetórias da corda e do salto se afastavam mais entre as crianças de 7/8 anos quando comparado com os adultos. Este resultado pode ser explicado pelo modo particular de utilização da informação sensorial para a organização motora de cada uma destas duas faixas etárias.

Como visto na revisão de literatura feita para este estudo, os mecanismos de ajustes da ação *feedback* e *feedforward* surgem em épocas diferentes. O mecanismo de *feedforward* surge quando o mecanismo de



*feedback* já está presente, embora ele não esteja completamente estabelecido (HAAS et al., 1989). Além dessa diferença temporal no aparecimento dos mecanismos, a forma como ocorre o desenvolvimento destes é diferenciada. Enquanto o mecanismo de *feedback* não apresenta alterações ao longo da vida, o mecanismo de *feedforward* se desenvolve de maneira não-linear, ou seja, há variações temporais no curso do desenvolvimento deste mecanismo. Hay e Redon (1999), por exemplo, verificaram diferenças neste mecanismo quando crianças de diferentes faixas etárias foram comparadas com adultos.

Seguindo este raciocínio parece coerente afirmar que as crianças de 7/8 anos apresentam o mecanismo de *feedforward* ainda não totalmente desenvolvido em função da dificuldade em produzir o movimento da corda. Em consequência, elas têm dificuldade em captar e usar a informação de forma antecipatória adequadamente, iniciando o salto com muita antecedência para obter uma maior faixa de segurança e não errar no pular corda. Ou seja, elas aumentaram a relação espaço-temporal dos ciclos do salto com o da trajetória da corda garantindo que a tarefa fosse realizada com sucesso.

Uma outra explicação para essa diferença na FRC entre as crianças menores e os adultos pode estar nos diferentes padrões de salto apresentados por estas faixas etárias. O estudo de Silva, Bueno, Carvalho e Pellegrini (2003) que comparava diferentes padrões de salto no pular corda em diferentes modos de sincronização, revelaram diferença na FRC entre os padrões de salto com pés alternados e pés unidos em adultos. O estudo de Silva et al. (2003) não abordou especificamente os padrões identificados neste

estudo, porém sugere diferença da FRC entre os diferentes padrões de saltar apresentados pelos grupos.

Com relação à estabilidade da relação espaço temporal corda-salto, os resultados também indicaram diferença entre as faixas etárias. Porém o teste a posteriori não apontou quais médias seriam diferentes entre si. O que pode ter acontecido é que os desvios angulares nas três faixas etárias estavam muito próximos do critério de significância. Assim, assumimos de modo conservativo, não haver diferenças na variabilidade da FRC entre as faixas etárias.

Diante do exposto, verificamos que estes resultados são similares aos dos estudos encontrados com pular corda, nos quais não são detectadas diferenças na estabilidade da relação espaço temporal corda-salto do pular corda (BUENO; CARVALHO; PELLEGRINI, 2003a; BUENO; CARVALHO; PELLEGRINI, 2003b; SILVA; BUENO; CARVALHO; PELLEGRINI, 2003; CARVALHO, 2003). No entanto, este resultado do presente estudo, não era inicialmente esperado, pois acreditávamos que a estabilidade da relação espaço temporal corda-salto aumentaria com o aumento da idade de modo que quanto menor a faixa etária maior seria a variabilidade.

Torna-se importante lembrar o papel da variabilidade e da estabilidade temporal durante a ação do pular corda. Variabilidade é entendida como um indicador do estado do sistema com relação a possíveis mudanças no estado organizacional do mesmo (SCHÖNER; KELSO, 1988). Ou seja, a estabilidade apresentada pelos participantes indica a capacidade do organismo de manter esse padrão de comportamento mesmo frente à ocorrência de

perturbações de ordem ambiental, da tarefa ou do organismo, característica de uma das propriedades dos osciladores ciclo-limite chamada estabilidade estrutural (CLARK; WHITALL, 1989).

Uma possível explicação para tal estabilidade desde a infância está na análise desta habilidade motora que para sua execução correta requer estabilidade na relação entre o salto e a corda. Assim, desde a infância o executante busca uma maneira mais adequada de como coordenar e controlar a ação motora com sucesso, ou seja, sem errar. Os participantes escolheram um padrão de salto que atendia a todas as restrições impostas, lhe dando a estabilidade que foi captada nos dados da FRC.

Em relação ao gênero, apesar do pular corda ser culturalmente muito verificada entre as moças desde o período da infância, e o estudo de Barreto e Pellegrini (1997) ter apontado melhor desempenho do gênero feminino no pular corda, nossos resultados não indicaram nenhuma diferença nesse fator nas três faixas etárias estudadas. Assim, a hipótese 1 não foi confirmada quanto a diferenças relacionadas ao gênero tanto no padrão quanto na estabilidade da relação espaço temporal corda-salto, e parcialmente confirmada quanto à faixa etária, verificando diferenças no padrão, mas não na estabilidade.

## **6.6 Altura do salto**

Os resultados da ANOVA gênero (2) e idade (3) feita com a altura do salto como variável dependente indicou que somente o fator faixa etária alcançou nível de significância,  $F(2,30) = 8,90$ ,  $p < 0,001$ . Os resultados da

ANOVA são apresentados na Tabela 15 (ANEXO 2). De acordo com os resultados do teste a posteriori de Tukey HSD (TABELA 16, ANEXO 2), a altura do salto da F3 foi maior que da F1 e da F2, Figura 8.

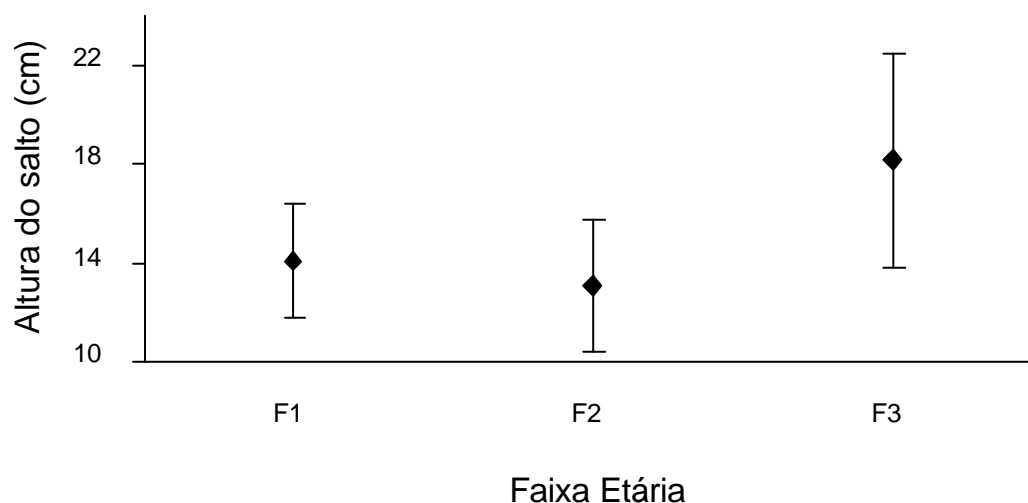


Figura 8. Média e desvio padrão da altura do salto (cm) em função da faixa etária dos participantes.

A segunda hipótese levantada era de que haveria diferença no deslocamento vertical do executante para a passagem da corda em função da idade e do gênero do participante. Apesar de ter havido diferença no deslocamento vertical do executante para a passagem da corda nas diferentes faixas etárias o resultado não foi o esperado, pois acreditávamos que quanto menor a idade do participante maior seria a altura do salto. Duas explicações podem ser dadas: a primeira, se refere aos diferentes padrões de salto executados pelos grupos; a segunda, a uma estratégia motora detectada visualmente na faixa etária menor que é a flexão do tronco à frente, e conseqüentemente a “jogada” do quadril para trás, restringindo o deslocamento do quadril na direção vertical.

Diferentes padrões de salto induzem pensar que são formados por diferentes fases, assim possuem organização temporal relativa também diferente. Nessa linha de raciocínio, acreditamos que diferentes durações de fase de vôo estariam relacionadas a diferentes alturas dos saltos. A outra explicação estaria relacionada à flexão do tronco a frente, pois fazendo esse movimento, o executante reduziria a amplitude de movimento do quadril utilizando a flexão das pernas para liberar espaço para a passagem da corda sob os pés. Frente às análises feitas no presente estudo não é possível confirmar ou rejeitar qualquer das explicações apresentadas. A hipótese não foi confirmada quanto a diferenças relacionadas com o gênero e nem quanto à faixa etária.

### **6.7 Altura da corda**

Os resultados da análise estatística, ANOVA gênero (2) e idade (3) com a altura da corda como variável dependente, apontaram ter o fator faixa etária alcançado nível de significância,  $F(2,30) = 5,50$ ,  $p < 0,01$ , assim como o fator gênero,  $F(1,30) = 5,72$ ,  $p < 0,05$  (TABELA 17, ANEXO 2). A altura da corda para os participantes do gênero masculino (24,21 cm) foi menor que a do feminino (35,63 cm). O teste de Tukey HSD para o fator faixa etária (TABELA 18, ANEXO 2) revelou somente que a altura da corda da F1 é menor que a da F2. Estes resultados são apresentados na Figura 9.

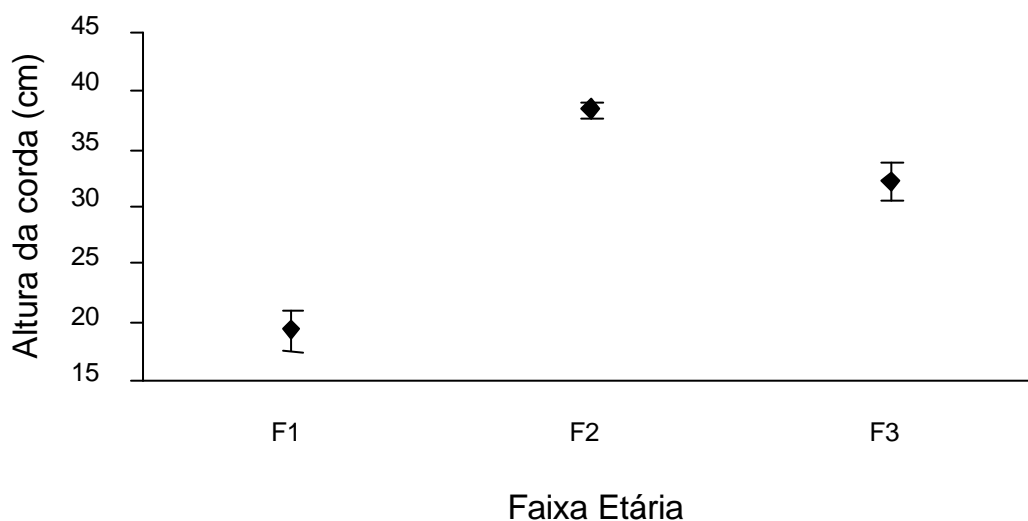


Figura 9. Média e desvio padrão da altura da corda (cm) em função da faixa etária dos participantes.

Para verificar a terceira hipótese levantada de que haveria diferença no deslocamento vertical da corda em função da idade e do gênero do participante, discutiremos os resultados relacionados à altura da corda.

A altura da corda das crianças mais novas (F1) foi menor que a das crianças mais velhas (F2). As explicações apresentadas para as diferenças na altura do salto se aplicam também à altura da corda. A primeira, diz respeito aos diferentes tipos de padrões de salto executados pelos grupos; a segunda, se refere à flexão do tronco a frente. Com o tronco flexionado à frente, a corda não precisa atingir grandes alturas, mas o suficiente para ultrapassar a altura da cabeça que neste caso está mais baixa.

Com relação ao gênero, os resultados apontaram que a altura da corda dos participantes do gênero masculino foi menor que a do gênero feminino. Este resultado também não foi o esperado, pois acreditávamos que as moças apresentariam valores de altura da corda menores (o suficiente para

a passagem da corda sobre a cabeça) quando comparados com os rapazes. Porém, se considerarmos que médias menores de altura de corda correspondem a pior performance, como foi observado em relação a faixa etária, inferiríamos que os rapazes teriam pior desempenho que as moças confirmando resultados de Barreto e Pellegrini (1997). Entretanto, acreditamos que só esse resultado não seria suficiente para confirmar o melhor desempenho entre os gêneros. Assim, a hipótese 3 não foi confirmada quanto à diferenças relacionadas com o gênero e nem quanto à faixa etária.

### **6.8 Ângulo da articulação do joelho**

A ANOVA gênero (2) e idade (3) realizada com o ângulo da articulação do joelho na máxima flexão da fase de vôo como variável dependente, alcançou nível de significância somente no fator faixa etária,  $F(2,30) = 12,95$ ,  $p < 0,001$  (TABELA 19, ANEXO 2). O teste a posteriori de Tukey HSD apontou que o ângulo da articulação do joelho dos adultos é maior quando comparado com as duas faixas etárias menores, ver Tabela 20, Anexo 2, (FIGURA 10).

Observada a variabilidade do ângulo da articulação do joelho, sendo maior na F1 e diminuindo para as faixas etárias maiores, achamos interessante comparar o desvio angular do ângulo da articulação do joelho entre os grupos. A ANOVA gênero (2) e idade (3) realizada com o desvio angular do ângulo da articulação do joelho como variável dependente, também revelou somente o fator faixa etária ter alcançado nível de significância,  $F(2,30) = 5,81$ ,  $p < 0,01$  (TABELA 21, ANEXO 2). Segundo o teste a posteriori

(TABELA 22, ANEXO 2), o desvio angular do ângulo da articulação do joelho é menor na F3 (3,84°) em relação a F2 (6,63°) e F1 (7,01°).

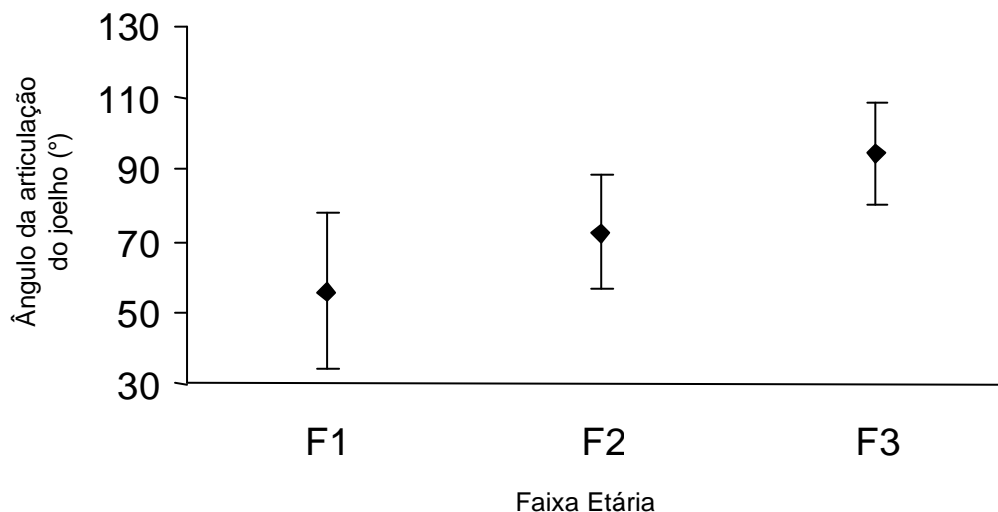


Figura 10. Média e desvio padrão do ângulo da articulação do joelho na máxima flexão da fase de vôo (°) em função da faixa etária dos participantes.

Para verificar a quarta hipótese levantada de que haveria diferença na amplitude angular e na estabilidade da articulação do joelho na máxima flexão na fase de vôo em função da idade e do gênero do participante, iremos discutir os resultados relacionados à média e ao desvio angular do ângulo da articulação do joelho.

O ângulo da articulação do joelho dos adultos (F3) foi maior que a amplitude angular das crianças menores (F1) e maiores (F2). Neste caso uma maior amplitude, significa uma menor flexão da articulação do joelho na fase de vôo do salto para a passagem da corda sob os pés, atendendo às nossas expectativas. Quando analisado a estabilidade dessa amplitude angular, os



resultados obtidos também foram coerentes, sendo a menor variabilidade apresentada para a idade adulta em relação às crianças. Completando as explicações sugeridas anteriormente, verificamos que os adultos flexionam menos e com menor variabilidade o membro inferior, sendo o suficiente para a passagem da corda sob seus pés, demonstrando um melhor controle e uso das informações captadas no mecanismo antecipatório.

A maior variabilidade das crianças de 7/8 anos, pode ter ocorrido pelo fato do processo de integração da percepção com as estruturas motoras ainda não estar bem estabelecido. O executante usa o mecanismo de *feedforward* para antecipar o salto em relação a trajetória da corda. E diante desse resultado podemos apontar mais uma vez o desenvolvimento não estabilizado deste mecanismo na faixa etária menor. As crianças de 7/8 anos, a cada ciclo, interpretavam de maneira diferente as informações captadas, assim tendo que reorganizar sua ação (mais ou menos força nos membros inferiores, por exemplo) a cada salto no pular corda, causando essa variabilidade. Portanto, mostrando modos diferentes de utilização essas informações captadas no controle e na coordenação de movimentos.

Em relação ao gênero, nossos resultados também não indicaram nenhuma diferença nesse fator nas variáveis dependentes analisadas. Assim, a hipótese 4 não foi confirmada quanto à diferenças relacionadas com o gênero, e parcialmente confirmada quanto à faixa etária, pois não houve diferença entre as crianças.

De modo geral, os resultados apontam para a idade como o principal fator que diferencia os grupos estudados, tendo o fator gênero

raramente alcançado nível de significância. Ainda, quanto à idade, raramente encontramos diferença entre as duas faixas etárias menores, com exceção a variável altura da corda, mas na grande maioria das vezes elas são diferentes dos adultos.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A preocupação do presente estudo esteve nos padrões de coordenação do pular corda e seus mecanismos subjacentes de controle à ação, em função de diferentes níveis de desenvolvimento motor e gênero. Desta forma o estudo do pular corda engloba diferentes facetas da organização de uma ação motora complexa que é o pular corda.

Apesar de haver poucos trabalhos na literatura com o pular corda, dificultando a revisão bibliográfica específica, esta habilidade se mostrou um ótimo objeto de estudo para a área de comportamento motor, pela suas infindáveis indagações relacionadas ao controle e coordenação de um movimento complexo.

Através do pular corda foi possível transferir e aplicar diversos conceitos da Teoria dos Sistemas Dinâmicos. Esta ação é um exemplo de oscilador não-linear do tipo ciclo-limite apresentando claramente suas três propriedades: entrelaçamento, fase de bloqueio e estabilidade estrutural. Nela também pode ser verificada a aplicação de conceitos da teoria sinérgica de

Haken et al. (1985) com componentes oscilatórios de natureza diferente (não dois membros, mas os membros e um objeto). O pular corda também oferece a oportunidade de manipulação por diferentes parâmetros de controle, por exemplo a frequência da corda.

Um aspecto que ainda deixa indagações é o uso da Fase Relativa como variável coletiva, ou parâmetro de ordem para o pular corda, pois esta variável não conseguiu apontar satisfatoriamente diferenças quando manipulada restrições do organismo, no nosso estudo, diferentes faixas etárias, ou seja, diferentes níveis de desenvolvimento motor. Essas diferenças foram mais bem demonstradas pelas variáveis que analisaram os componentes individualmente: altura do salto, altura da corda e ângulo da articulação do joelho. Consideramos o ângulo da articulação do joelho como a variável que melhor descreve diferenças nos padrões de coordenação no pular corda que acompanham o desenvolvimento motor.

Um ponto importante que deve ser considerado neste estudo é o método empregado para a investigação desse sistema sujeito-corda. Em relação aos estudos anteriores, apresentamos inovações e aperfeiçoamos o método para cálculo da Fase Relativa de modo contínuo. Assim, pudemos verificar os diferentes modos de utilização da informação sensorial no controle e coordenação do pular corda entre as faixas etárias estudadas.

Um fato muito interessante foi terem as crianças escolhido o padrão de salto para o pular corda adequado às suas capacidades para alcançar o objetivo da tarefa. Isto mostra que elas conseguem detectar os aspectos básicos necessários para executar a ação, mesmos ainda não tendo

o controle total deles. Além disso, as crianças de 7/8 anos “desenvolveram” uma estratégia motora com a flexão do tronco à frente, para conseguir realizar o pular corda, mesmo não sendo esta a maneira mais eficiente e eficaz de solução do problema que o pular corda apresenta. As crianças de 11/12 anos, idade que corresponde ao final do período de habilidades motoras condicionadas ao contexto, mostraram-se com um desempenho bem próximo ao dos adultos na maioria das vezes, pelo menos no que se refere ao acoplamento percepção-ação.

Quando havia necessidade de alterar algo para conseguir o sucesso na tarefa, observou-se que o salto foi o componente que sofria essas alterações (com flexibilidade suficiente para os ajustes necessários), iniciando pelo tipo de padrão de salto, depois pela variação na altura do salto e depois pela flexão do membro inferior. As alterações na corda foram feitas em função das alterações no salto. Assim, os resultados do presente estudo nos levam a sugerir que para manter a estabilidade do padrão de coordenação do pular corda, o executante ajusta o salto, sua altura e a flexão do joelho.

Foi um acontecimento inesperado detectar diferentes padrões de salto entre as faixas etárias. Em alguns momentos este fato deixou obscura algumas análises e explicações para o comportamento observado. Por exemplo, quanto aos resultados encontrados na FRC, as diferenças encontradas entre as faixas etárias foram ocasionadas pelos diferentes padrões de salto ou pelo desenvolvimento não estabilizado do mecanismo de *feedforward*? Outra questão que poderia surgir seria: por que não foi imposto um padrão de salto? Primeiro, como já dito isto não era esperado; segundo,

que esta imposição não remeteria a adequação natural à tarefa. Porém, devido ao grande número de variáveis foi possível justificar de maneira convincente e com apoio da literatura, o desenvolvimento tardio do mecanismo de *feedforward* e a estratégia inteligente dos grupos da escolha de diferentes padrões de saltos para alcançar a estabilidade dos padrões de coordenação.

De modo geral, os resultados indicam que: 1) o padrão do saltar está diretamente relacionado com a altura da corda e com o acoplamento espaço temporal; 2) quanto menor a altura do salto, maior a flexão do joelho; 3) menor a idade dos participantes, maior a variabilidade e menor a estabilidade do ângulo da articulação do joelho; 4) diferentes níveis de desenvolvimento motor, diferentes padrões no saltar; 5) diferenças de gênero não levam necessariamente a diferenças no desempenho.

Finalizando estas considerações finais, destacaremos dois aspectos que devem ser mais bem explorados em futuros estudos. Um seria a questão do gênero, pois apesar das moças sempre estarem a frente na prática do pular corda não foi verificado melhor desempenho delas nesta ação motora, o que talvez ainda mereça mais aprofundamento. Outra questão estaria relacionada ao método, com mais pontos articulares mapeados, maiores seriam as probabilidades de encontrar diferenças desenvolvimentais. Entre as diferenças que se mostraram nítidas visualmente podemos citar a flexão do tronco, que seria captada pelo ângulo da articulação do quadril.

Este estudo está longe de ter alcançado uma ampla compreensão da habilidade motora pular corda, mas como proposta de se buscar tais entendimentos foi bastante válido. Acreditamos que com base no referencial

teórico utilizado no estudo, pudemos dar os primeiros passos para a compreensão das relações existentes entre o organismo e o ambiente, considerando componentes de naturezas diversas.

## 8. REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, Y. L.; KARARA, H. M. Direct linear transformation from compactor coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. In: **PROCEEDING OF APS/UI SYMPOSIUM ON CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRY**. American Society of photogrammetry , p.1-18, 1971.

ANDRADE, E.C.; CARVALHO, W. R. G.; PELLEGRINI, A. M. Informação Proprioceptiva no Pular Corda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 24, 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2001. p. 179.

BARELA, J. A. **Desenvolvimento do saltar à horizontal: uma análise topológica**. 1992. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) – Escola Superior de Educação Física, UFRGS, Porto Alegre, 1992.

BARELA, J. A. Ciclo percepção-ação no desenvolvimento motor. In: TEIXEIRA, L. A. (Ed.). **Avanços em comportamento motor**. São Paulo: Movimento, 2001. p.40-61.

BARNETT, B. E. Temporal parameters in jumping as performed by adults and children. In: CLARK, J. E.; HUMPHREY, J. H. (Ed.) **Advances in Motor Development**. New York: AMS, 1988. v.2, p. 1-22.

BARRETO, S. M. G. **Estabilidade na organização temporal relativa do pular corda**. 2000. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BARRETO, S. M. G.; PELLEGRINI, A. M. Estabilidade-Instabilidade no Pular Corda: um estudo explanatório. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, VI., 1997, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: UNESP/ DEF, 1997. p. 50.



BARROS, R. M. L.; BREZIKOFER, R.; LEITE, N. J.; FIGUEROA, P. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, Rio de Janeiro, v.15, n. 1-2, p.79-86, 1999.

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

BUENO, F. C. R.; CARVALHO, W. R. G.; PELLEGRINI, A. M. Rope jumping performance: variability as a function of rope frequency. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERCEPTION AND ACTION, 12., 2003a, Gold Coast . **Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Perception and Action**. Gold Coast, Australia. 2003a. p. 63.

BUENO, F. C. R.; CARVALHO, W. R. G.; PELLEGRINI, A. M. Variabilidade no pular corda em função da frequência da corda. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA; SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 9., 2003b, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Movimento, 2003b. p.164 - 165.

BUENO, F. C. R.; SILVA, L. H.; PELLEGRINI, A. M. Frequência Preferida e Frequência Imposta no Pular Corda em Adultos. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO ESPORTE DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA. 9., 2002, São Luís. **Anais...** São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2002. p. 189.

BUENO, F. C. R.; SILVA, L. H., PELLEGRINI, A. M. Comportamento da força de reação de solo no ato de pular corda em diferentes frequências. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA; SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 9., 2003, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Movimento, 2003. p.158 - 159.

CARVALHO, W. R. G. **Ajustes no pular corda em função da frequência da corda e da informação sensorial**. 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

CARVALHO, W. R. G., ANDRADE, E.C., PELLEGRINI, A. M. A Natureza da Informação Sensorial no Pular Corda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 24, 2001, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 2001. p. 143.

CLARK, J. E. **Motor Development**. Encyclopedia of Human Behavior, v.3, 1994. p.245-255.

CLARK, J. E.; WHITALL, J. Changing patterns of locomotion: from walking to skipping. In: WOOLLACOTT, M. H. ; SHUMWAY-COOK, A. S. (Ed.) **Development of posture and gait across the life span**. Columbia, SC: University of South Carolina Press, 1989.

FERRAZ, O. L. Desenvolvimento de "timing" antecipatório em crianças. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.7, n.1, p. 13-29, jan\jun. 1993.

GALLAHUE, D.L.; OZMUN, J. C. **Compreendendo o Desenvolvimento Motor**: bebês, crianças e adolescentes e adultos. São Paulo: Phorte, 2001.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. **Crescimento, composição corporal e desempenho motor**: de crianças e adolescentes. São Paulo: CLR Balieiro, 1997. 362 p.

HAAS, G.; DIENER, H. C.; RAPP, H.; DICHGANS, J. Development of feedback and feedforward control of upright stance. **Developmental Medicine and Child Neurology**, Port Chester, v. 31, p.481-488, 1999.

HAKEN, H.; KELSO, J. A. S.; BUNZ, H. A theoretical model of phase transitions in human hand movement. **Biological Cybernetics**, v. 51, p.347-356, 1985.

HAMILL, J., HADDAD, J. M.; McDERMOTT, W. J. Issues in quantifying variability from a dynamical systems perspective. **Journal of Applied Biomechanics**, v.16, p.407-418, 2000.

HAY, L.; REDON, C. Feedforward versus feedback control in children and adults subjected to a postural disturbance. **Experimental Brain Research**, New York, v. 125, p.153-162, 1999.

HAYWOOD, K. M.; GETCHELL, N. **Life span motor development**. Champaign: Human Kinetics, 2001.

HIRAGA, C. Y. **Efeitos da preferência manual e das dimensões espaciais da tarefa na coordenação intramembros**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

KAY, B. A.; KELSO, J. A. S.; SALTZMAN, E. L.; SCHÖNER, G. Space-time behavior of single and bimanual rhythmical movements: Data and limit cycle model. **Journal of Experimental Psychology**: Human Perception and Performance, v.13, p.178-192, 1987.

KELSO, J. A. S. **Dynamic patterns**: the self-organization of brain and behavior. Cambridge : MIT 1995.

KELSO, J. A. S. On the oscillatory basis of movement. **Bulletin of the Psychonomic Society**, p.18-63, 1981.

KELSO, J, A. S. The informational character of self-organized coordination dynamics. **Human Movement Science**, v.13, p.393-413, 1994.

KELSO, J. A. S.; SCHOLZ, J. P. Cooperative phenomena in biological motion. In: HAKEN, H. (Ed.). **Complex Systems**: operational approaches in neurobiology, physical system and computers. Berlim: Springer-Verlag, 1985. p.124-149.

KELSO, J. A S.; SCHOLZ, J. P.; SHÖNER, G. Nonequilibrium phase transitions in coordinated biological motion: critical fluctuations. **Physics Letters A**, v.118, 1986. p.279-284.

KELSO, J. A S.; SHÖNER, G. Self-organization of coordinative movement patterns. **Human Movement Science**, v. 7, 1988. p.27-46.

KURTZ, M. J.; STERGIUO, N. Effect of normalization and phase angle calculations on continuous relative phase. **Journal of Biomechanics**. v. 35, 2002, p. 369-374.

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

NEWELL, K. M.; CORCOS, D. M. Issues in variability and motor control. In: NEWELL, K. M.; CORCOS, D. M. (Ed.). **Variability and Motor Control**. Champaign: Human Kinetics, 1993. p. 1-12.

NEWELL, K. M.; SLIFKIN, A. B. The nature of movement variability. In: PIEK, J. P. (Ed.). **Motor behavior and human skill**. Champaign: Human Kinetics, 1998. cap. 7, p. 141-160.

PARKER, H. Children's motor rhythm and timing: a dynamical approach. In: SUMMERS, J. J. (Ed.). **Approaches to the study of motor control and learning**. Advances in Psychology, v. 84, 1992.

PATTEE, H. H. Dynamic and linguistic modes of complex systems. **International Journal General Systems**, v.3, p. 259-266, 1977.

PELLEGRINI, A. M. Auto-Organização e Desenvolvimento Motor. In: DEBRUN; M.; GONZALES, M. E. Q.; PESSOA, O. Jr. (Org.). **Auto-Organização**: estudos interdisciplinares. Coleção CLE 18, Campinas, 1996. p. 299-318.

PELLEGRINI, A. M., BARELA, J. A. O que o professor deve saber sobre o desenvolvimento motor de seus alunos. In: MICOTTI, M. C. O. (Org.).

**Alfabetização:** assunto para pais e mestres. Rio Claro: IB/Unesp, 1998. p.69-80.

PELLEGRINI, A. M., BUENO, F. C. R., SILVA, L. H. Demanda atencional ao pular corda In: SEMINÁRIO DE COMPORTAMENTO MOTOR, 3., 2002, Gramado, RS. **Anais ...**, Gramado, RS, 2002. v.1. p.1.

PITRELI, J.; O'SHEA, P. Pular corda: a biomecânica, técnica e a aplicação no condicionamento físico. **Sprint**, v.1, n.3, maio/junho, 1989. p. 6-16.

SALTZMAN, E. L. Dynamics and coordinate systems in skilled sensorimotor activity. In: PORT, R. F.; GELDER, T. V. (Ed.). **Mind as Motion:** explorations in the dynamics of cognition. Cambridge, MA: MIT Press, 1995. p. 149-173.

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

SCHÖNER, G.; HAKEN, H.; KELSO, J. A. S. A stochastic theory of phase transition in human hand movement. **Biological Cybernetics**, p.445-452, 1986.

SILVA, L. H.; BUENO, F. C. R.; CARVALHO, W. R. G; PELLEGRINI, A. M. A organização espaço temporal no pular corda em função de sincronia com estímulo externo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC). 55., 2003, Recife. **Anais...** Recife: SBPC, CD-ROM.

SILVA, L. H., BUENO, F. C. R., PELLEGRINI, A. M. Interferência da atividade mental no pular corda In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO DESPORTO DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA. 9., 2002, São Luís. **Anais...** São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2002. v.1. p.210.

SILVA, L. H.; BUENO, F. C. R.; PELLEGRINI, A. M. Comportamento da força de reação do solo no ato de pular corda em diferentes bases de suporte. In CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA; SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA. 9., 2003, Rio Claro, **Anais...** Rio Claro: Movimento, p. S164 - S165.

SMOLL, F. L.; SCHUTZ, R. W. Accuracy of rhythmic motor behavior in response to preferred and nonpreferred tempos. **Journal of Human Movement Studies**, v.8, p.123-138, 1982.

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

TEIXEIRA, L. A.; SANTOS, V. A.; ANDREYSUK, R. Tarefas que envolvem timing antecipatório: seriam as velocidades mais baixas as mais fáceis para sincronizar? **Revista Paulista de Educação Física**, v.6, n.2, p. 21-28, jul/dez, 1992.

THELEN, E. Self-organization in development processes: Can systems approaches work? In: GUNNAR, M.; THELEN, E. (Ed.). **Systems in development: The Minnesota Symposia on Child Psychology**. Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1989, v. 22, p.77-117.

THOMAS, J. R.; MOON, D. H. Measuring motor rhythmic ability in children. **Research Quarterly**, v.47, p.20-32, 1976.

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

WHITALL, J. Dynamical systems theory applied to the teaching/learning process. Conferência apresentada no **WORLD CONGRESS AIESEP/NAPEHE**, Atlanta, Geórgia, 1991.

WILLIAMS, H. G. **Perceptual and Motor Development**. Englewood Cliffs, New Jersey. cap 4, 1983.

WINTER, D. A. **Biomechanics and motor control of human movement**. 2ed. University of Waterloo, Waterloo, Ontário, Canadá, 1990.

ZATSIORSKY, V. M. **Kinematics of human motion**. Champaign: Human Kinetics, 1998.

## ABSTRACT

Rope jumping is performed by children and athletes alike. This behavior is a universal and its emergence can be traced back to childhood. The interest in the study of rope jumping offers a unique opportunity to investigate the intricate relationship between perception and action in human movement patterns. The acquisition of rope jumping is a challenge to motor development researchers because very young children are able to successfully perform and have fun doing it. This study was designed to investigate the coordination of rope jumping as a function of age and gender. Thirty-six participants took part, six (6) males and six (6) females assigned to three age groups, F1 with 7 to 8 years of age, F2 with 11 to 12 years of age, and F3 with 18 to 25 years of age. The task was to perform a total of 30 rope jumping cycles done by the children at their preferred frequency. Two digital cameras were used to record the action and passive markers were fixed in the rope, the children's ankle joint (lateral malleolus), knee joint (lateral epicondyle of the femoral) and hip joint (greater trochanter) to obtain the jump and rope height, the knee joint angle and the continuous relative phase data. Analysis of Variance gender (2) and age (3) were run with the dependent variables: relative phase and its angular deviation, maximal jump height, maximal rope height, angle of the knee joint and its angular deviation in the maximal flexion of the flying phase. The Continuous Relative Phase (CRP) was different between young children (F1 = 199,20°) and old children (F2 = 175,62°) and adults (F3 = 171,05°). Adults also jumped higher (18,19 cm) than young children (14,11 cm) and old children (13,07 cm).

The knee joint angle was larger in the adults (94,05°) than in children, young (55,91°) and old (72,50°), and less variability in knee joint angle was observed in the adult group (3,84°) compared to the children (6,63° and 7,01° respectively). Overall, it can be concluded that: 1) the jump pattern is directly related to the rope height and space-temporal coupling; 2) the smaller the jump height, the larger is the knee flexion; 3) younger the participants larger the variability of the angle of the knee joint; 4) different levels of motor development, different jump patterns; 5) gender differences do not correspond necessarily to different performances.

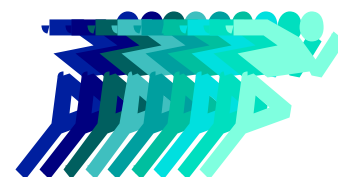
**Key words:** Motor Development, Motor Control, Jump, Perception – Action, Pattern Coordination, Continuous Relative Phase.

**ANEXO 1**



*Informações sobre o estudo para consentimento dos participantes e/ou responsáveis.*

Departamento de Educação Física  
IB/UNESP/Rio Claro



**Título do Projeto:** PADRÃO DE COORDENAÇÃO DO PULAR CORDA: UM ESTUDO DESENVOLVIMENTAL.

**Responsável:** ANA MARIA PELLEGRINI

**Orientador:** PROFA. DRA. ANA MARIA PELLEGRINI

**Experimentador:** FLAVIA CRISTINA RODRIGUES BUENO

O objetivo deste estudo é investigar o padrão de coordenação do pular corda em função da idade e do gênero dos participantes. O participante terá que realizar a somatória de no mínimo 30 (trinta) saltos na frequência preferida. Os indivíduos deverão estar descalços e vestidos com roupas pretas fornecidas pela Unesp.

Serão coletados a altura e o peso. Durante toda a coleta haverá uma pessoa próxima ao executante da tarefa para evitar possíveis acidentes. O tempo total de coleta será de aproximadamente 20 minutos.

Será determinado para cada um dos participantes um código, o qual assegurará a sua privacidade. Todos os dados coletados serão utilizados somente para fins científicos.

A possibilidade de ocorrer riscos no estudo é pequena, pois o pesquisador estará presente no local de coleta orientando o participante afim de que o mesmo execute tarefa da maneira segura. Porém caso ocorra qualquer tipo de acidente, como entorses, quedas, escoriações ou contusões, imediatamente será contatado o responsável e serão seguidos os procedimentos de primeiro socorros. Se necessário, o participante será encaminhado ao Pronto Atendimento pela pesquisadora e todo e qualquer gasto referente ao acidente que porventura possa ocorrer durante a coleta de dados será coberto pela pesquisadora.

Os responsáveis pelos participantes terão total acesso ao telefone e endereço de contato do pesquisador responsável pelo experimento e serão instruídos a comunicar qualquer fato ocorrido, mesmo sendo após a coleta.

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Código do Participante: \_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ estou suficientemente esclarecido quanto aos objetivos, procedimentos, benefícios e riscos envolvidos no estudo. Recebi respostas satisfatórias às minhas indagações relativas ao estudo e estou consciente de que posso retirar meu (minha) filho (a) do experimento a qualquer momento e por qualquer razão. Autorizo que os dados de meu filho ou criança sob minha responsabilidade, coletados neste estudo, sejam utilizados somente para fins de ensino e pesquisa.

Rio Claro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2003.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável pela Criança

Nome do Responsável: \_\_\_\_\_

Número do RG: \_\_\_\_\_

Nome da Criança: \_\_\_\_\_

**DADOS PESSOAIS DO PARTICIPANTE**

NOME: \_\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_

CEP.: \_\_\_\_\_ TELEFONE: \_\_\_\_\_

DATA DE NASCIMENTO DA CRIANÇA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Pesquisador: Ana Maria Pellegrini**  
**Departamento de Educação Física da UNESP, Rio Claro.**  
**Fone: 19 – 3526 4323 – 9784 2558**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (ADULTOS)

Código do Participante: \_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_  
li as informações acerca do objetivo do estudo, os procedimentos experimentais e os possíveis riscos. Recebi respostas satisfatórias a todas as minhas dúvidas quanto à realização da tarefa e estou consciente de que posso me retirar do experimento a qualquer momento e por qualquer razão. Autorizo que os meus dados coletados neste estudo sejam utilizados somente para fins científicos.

Rio Claro, de \_\_\_\_\_ de 2003.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante\_\_\_\_\_  
RG

## DADOS PESSOAIS

NOME: \_\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_

CEP.: \_\_\_\_\_ TELEFONE: \_\_\_\_\_

DATA DE NASCIMENTO: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Pesquisador: Ana Maria Pellegrini**  
**Departamento de Educação Física da UNESP, Rio Claro.**  
**Fone: 19 – 3526 4323 – 9784 2558**

TABELA 2

Gênero, idade, estatura, massa corporal e comprimento do membro inferior por faixa etária F1, F2 e F3, respectivamente.

Sujeito	Gênero masc (1) fem (2)	Idade (meses)	Estatura (cm)	Massa Corporal (Kg)	Comprimento do membro inferior (cm)
<b>S18</b>	<b>2</b>	90	135,0	22,2	59,3
<b>S19</b>	<b>1</b>	97	135,0	28,4	50,7
<b>S20</b>	<b>1</b>	100	137,0	27,3	56,9
<b>S21</b>	<b>2</b>	89	137,0	28,0	49,4
<b>S22</b>	<b>1</b>	95	159,0	66,3	67,2
<b>S25</b>	<b>2</b>	98	140,0	30,8	58,8
<b>S26</b>	<b>2</b>	93	140,0	29,1	58,9
<b>S27</b>	<b>1</b>	95	134,0	21,2	60,7
<b>S28</b>	<b>1</b>	90	134,0	26,1	54,4
<b>S29</b>	<b>2</b>	97	151,0	34,4	68,6
<b>S30</b>	<b>2</b>	90	124,0	19,3	48,7
<b>S32</b>	<b>1</b>	92	142,0	40,2	59,3
	<b>Média</b>	<b>93,83</b>	<b>139,0</b>	<b>31,11</b>	<b>57,74</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	<b>3,69</b>	<b>9,0</b>	<b>12,47</b>	<b>6,30</b>
Sujeito	Gênero masc (1) fem (2)	Idade (meses)	Estatura (cm)	Massa Corporal (Kg)	Comprimento do membro inferior (cm)
S1	2	134	137,0	27,4	69,0
S2	2	134	141,0	36,5	68,9
S3	2	132	143,0	32,5	68,0
S4	2	134	145,0	34,6	74,3
S5	1	135	145,0	31,4	66,6
S6	1	132	136,0	29,3	61,6
S7	1	125	144,0	41,4	69,8
S9	2	133	147,0	33,7	71,6
S10	1	131	145,0	33,6	66,7
S11	1	135	145,0	33,5	70,5
S12	1	127	156,0	57,2	73,5

(Continuação) Gênero, idade, estatura, massa corporal e comprimento do membro inferior por faixa etária F1, F2 e F3, respectivamente.

S16	2	136	153,0	45,4	76,9
	<b>Média</b>	<b>132,33</b>	<b>145,0</b>	<b>36,38</b>	<b>69,78</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	<b>3,31</b>	<b>6,0</b>	<b>8,19</b>	<b>4,04</b>
Código do sujeito	Gênero masc (1) fem (2)	Idade (meses)	Estatura (cm)	Massa Corporal (Kg)	Comprimento do membro inferior (cm)
S34	2	262	173,0	72,0	82,6
S35	2	219	173,0	82,0	80,8
S36	2	222	170,0	80,0	72,8
S37	2	340	169,0	64,0	79,4
S38	2	286	161,0	69,0	69,6
S39	2	234	151,0	57,0	73,3
S40	1	236	179,0	72,0	85,4
S41	1	294	177,0	73,0	86,4
S42	1	280	183,0	67,0	91,0
S43	1	267	175,0	68,0	85,7
S44	1	246	176,0	75,3	89,0
S45	1	274	173,0	72,0	79,6
	<b>Média</b>	<b>263,33</b>	<b>172,0</b>	<b>70,94</b>	<b>81,30</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	<b>34,80</b>	<b>9,0</b>	<b>6,75</b>	<b>6,72</b>

TABELA 3

Valores absolutos das coordenadas cartesianas (X, Y, Z) dos pontos do calibrador.

Pontos	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
1	0	0	0
2	0	0	45,7
3	0	0	91,5
4	0	0	137,9
5	5,7	0	141,8
6	51,0	0	141,8
7	95,7	0	141,8
8	141,3	0	141,6
9	146,8	0	92,0
10	146,8	0	45,6
11	146,8	0	0
12	141,0	0	-4,8
13	95,5	0	-4,8
14	50,9	0	-4,8
15	0	37,4	-2,0
16	3,0	36,9	141,8
17	144,1	36,2	141,8
18	146,8	36,7	-2
19	0	72,6	0
20	0	72,6	46,0
21	0	72,6	92,1
22	0	72,6	138,4
23	5,9	72,6	141,8
24	51,1	72,6	141,8
25	96,8	72,6	141,8
26	142,1	72,6	141,8
27	145,1	72,6	45,5
28	145,1	72,6	0
29	141,2	72,6	-4,8
30	96,7	72,6	-4,8
31	51,0	72,6	-4,8
32	0	80,3	0
33	0	80,3	46,0
34	0	80,3	92,0
35	0	80,3	137,5
36	5,0	80,3	141,8
37	50,5	80,3	141,8
38	96,1	80,3	141,8
39	140,7	80,3	141,8
40	146,8	80,3	91,5
41	146,8	80,3	45,5
42	146,8	80,3	0
43	141,3	80,3	-4,8
44	96,4	80,3	-4,8
45	51,2	80,3	-4,8
46	0	116,5	-2,0
47	3,0	116,3	141,8
48	144,1	117,1	141,8

(Continuação) Valores absolutos das coordenadas cartesianas (X, Y, Z) dos pontos do calibrador.

49	146,8	116,6	-2,0
50	0	153,0	45,5
51	0	153,0	92,0
52	0	153,0	138,9
53	5,3	153,0	141,8
54	50,7	153,0	141,8
55	95,6	153,0	141,8
56	140,9	153,0	141,8
57	0	160,4	0,3
58	0	160,4	45,9
59	0	160,4	91,9
60	0	160,4	137,3
61	5,6	160,4	141,8
62	50,7	160,4	141,8
63	95,8	160,4	141,8
64	140,3	160,4	141,8
65	146,8	160,4	92,1
66	146,8	160,4	45,2
67	146,8	160,4	0,4
68	141,3	160,4	-4,8
69	95,8	160,2	-4,8
70	50,8	160,2	-4,8
71	0	197,5	-2,0
72	3,0	196,9	141,8
73	144,1	196,5	141,8
74	146,8	196,8	-2,0



**ANEXO 2**

TABELA 4

Tabela da Análise de Variância da estatura (cm), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	20,784	5,440	3,819	,060
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	372,452	5,440	68,453	,000*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	8,750	5,440	1,608	,217

\* Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 5

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) da estatura (cm), fator principal Faixa Etária.

Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}
		139,0	145,0	172,0
7/8 anos	{1}		,128	,000*
10/11 anos	{2}	,128		,000*
adultos	{3}	,000*	,000*	

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 6

Tabela da Análise de Variância do Comprimento do membro inferior (cm),  
Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	5,394	2,622	2,056	,161
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	166,480	2,622	63,486	,000*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	13,427	2,622	5,120	,012*

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 7

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) do Comprimento do membro inferior (cm), interação Faixa Etária x Gênero dos participantes.

Gênero	Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
			58,25	57,33	68,16	71,51	86,23	76,46
masc	7/8 anos	{1}		,999	,024*	,001*	,000*	,000*
fem	7/8 anos	{2}	,999		,011*	,000*	,000*	,000*
masc	10/11 anos	{3}	,024*	,011*		,864	,000*	,083
fem	10/11 anos	{4}	,001*	,000*	,864		,000*	,557
masc	adultos	{5}	,000*	,000*	,000*	,000*		,027*
fem	adultos	{6}	,000*	,000*	,083	,557	,027*	

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 8

Tabela da Análise de Variância da massa corporal (Kg), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	118,447	91,701	1,291	,264
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	5618,573	91,701	61,270	,000*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	39,321	91,701	,428	,655

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 9

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) da massa corporal (Kg), fator principal Faixa Etária.

Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}
		31,11	36,38	70,94
7/8 anos	{1}		,381	,000*
10/11 anos	{2}	,381		,000*
adultos	{3}	,000*	,000*	

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 10

Tabela da Análise de Variância da frequência da batida da corda (Hz), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	,052	,114	,458	,503
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	,116	,114	1,020	,372
<b>1x2</b>	<b>2</b>	,016	,114	,146	,864

TABELA 11

Tabela da Análise de Variância da média da Fase relativa contínua (°), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	,521	,708	,735	,397
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	2,737	,708	3,863	,032*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	,556	,708	,786	,464

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 12

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) da média da Fase relativa contínua ( $^{\circ}$ ), fator principal Faixa Etária.

Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}
		199,20	175,62	171,05
7/8 anos	{1}		,093	,038*
10/11 anos	{2}	,093		,907
adultos	{3}	,038*	,907	

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 13

Tabela da Análise de Variância do desvio angular da Fase relativa contínua ( $^{\circ}$ ), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	60,545	77,121	,785	,382
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	279,000	77,121	3,617	,039*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	75,691	77,121	,981	,386

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 14

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) do desvio angular da Fase relativa contínua ( $^{\circ}$ ), fator principal Faixa Etária.

Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}
		23,11	31,62	23,43
7/8 anos	{1}		,061	,995
10/11 anos	{2}	,061		,073
adultos	{3}	,995	,073	

TABELA 15

Tabela da Análise de Variância da média da altura do salto (cm), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	,315	,985	,000	,985
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	8,778	,985	8,906	,001*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	2,427	,985	2,462	,102

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 16

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) da média da altura do salto (cm), fator principal Faixa Etária.

Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}
		14,11	13,07	18,19
7/8 anos	{1}		,699	,009*
10/11 anos	{2}	,699		,001*
adultos	{3}	,009*	,001*	

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 17

Tabela da Análise de Variância da média da altura da corda (cm), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	117,460	20,516	5,725	,023*
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	112,907	20,516	5,503	,009*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	2,026	20,516	,098	,906

\* =Diferença significativa,  $p < .05$



TABELA 18

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) da média da altura da corda (cm), fator principal Faixa Etária.

Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}
		19,31	38,33	32,12
7/8 anos	{1}		,007*	,089
10/11 anos	{2}	,007*		,544
adultos	{3}	,089	,544	

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 19

Tabela da Análise de Variância da média do ângulo da articulação do joelho ( $^{\circ}$ ), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	2,586	,339	,007	,930
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	4394,164	,339	12,957	,000*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	84,432	,339	,248	,781

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 20

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) da média do ângulo da articulação do joelho ( $^{\circ}$ ), fator principal Faixa Etária.

Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}
		55,91	72,50	94,07
7/8 anos	{1}		,086	,000*
10/11 anos	{2}	,086		,019*
adultos	{3}	,000*	,019*	

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 21

Tabela da Análise de Variância do desvio angular do ângulo da articulação do joelho ( $^{\circ}$ ), Gênero x Faixa Etária, N = 36.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	p
<b>1 (Gênero)</b>	<b>1</b>	2,023	6,201	,326	,572
<b>2 (Faixa Etária)</b>	<b>2</b>	36,041	6,201	5,811	,007*
<b>1x2</b>	<b>2</b>	4,231	6,201	,682	,513

\* =Diferença significativa,  $p < .05$

TABELA 22

Resultados do teste a posteriori de Tukey HSD ( $p < 0,05$ ) do desvio angular do ângulo da articulação do joelho ( $^{\circ}$ ), fator principal Faixa Etária.

Faixa Etária	Média	{1}	{2}	{3}
		7,01	6,63	3,84
7/8 anos	{1}		,922	,010*
10/11 anos	{2}	,922		,026*
adultos	{3}	,010*	,026*	

\* =Diferença significativa,  $p < .05$