

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO-SENSU*
EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**DESLOCAMENTO DO CENTRO DE PRESSÃO NAS POSIÇÕES BIPODAL E
UNIPODAL EM CRIANÇAS**

Oséias Guimarães de Castro

**Brasília, DF
2013**

**DESLOCAMENTO DO CENTRO DE PRESSÃO NAS POSIÇÕES BIPODAL E
UNIPODAL EM CRIANÇAS**

Oséias Guimarães de Castro

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Cristina de David

Oséias Guimarães de Castro

**DESLOCAMENTO DO CENTRO DE PRESSÃO NAS POSIÇÕES BIPODAL E
UNIPODAL EM CRIANÇAS**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física pelo Programa de Pós Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Ana Cristina de David
(Orientadora – FEF/UNB)

Prof. Dr. Ricardo Moreno Lima
(Examinador Interno – FEF/UNB)

Prof. Dr. Alexandre Luiz de Rezende
(Examinador Externo – FEF/UNB)

Prof. Dr. Tiago Guedes Russomano
(Examinador Suplente – FEF/UNB)

Brasília – DF, 20 de Fevereiro de 2013

**À minha família pelo apoio incondicional,
Dedico.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos as pessoas que de alguma forma contribuíram para a finalização desta relevante etapa da minha vida.

Muito obrigado,

À Jesus pelo dom da vida e por ter me cercado com pessoas tão especiais.

À FEF/UnB por proporcionar a continuidade da minha formação acadêmica e profissional através da ação educativa pública e de qualidade.

À Professora Dr^a. Ana Cristina de David, pela orientação coerente e sedimentada, pela sensibilidade e por todos os ensinamentos acadêmicos e pessoais que levarei comigo para toda vida.

Aos Professores Dr. Alexandre Rezende e Dr^a. Rossana Benk, sempre acessíveis. Obrigado por indicar alguns caminhos a seguir.

A todos os colegas da pós-graduação, em especial à Marcella, Alice, Bruna, Guilherme, Andréia e Leandra e às moças do PIC Bárbara, Manuela e Marcela, sempre dispostos a ajudar e compartilhar o conhecimento, e pelos momentos de descontração e companheirismo.

Aos amigos do CEF Santos Dumont, por contribuírem de forma direta para a realização desta pesquisa, abrindo suas portas e torcendo pelo meu sucesso.

A todos os alunos que participaram como voluntários na pesquisa, pelo sorriso infantil e inocente de criança.

Agradeço à minha família, pelo apoio amplo e irrestrito, pela compreensão, pelo incentivo e pelo carinho.

Aos meus amigos, que mesmo conhecendo minhas limitações de horário permaneceram amigos, obrigado pelas palavras de incentivo.

Aos meus filhos Vinícius e Murilo e em especial, à minha Esposa Gleice Meireles, companheira de todas as horas, pelo amor, carinho e auxílio. Obrigado por estarem sempre comigo!

Viver é isto: ficar se equilibrando o tempo todo, entre erros e acertos.

JEAN-PAUL SARTRE

SUMÁRIO

| | |
|--|--------------------------------------|
| LISTA DE TABELAS | i |
| LISTA DE ABREVIACÕES | ii |
| RESUMO | iii |
| ABSTRACT | iv |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 6 |
| 2.1. Objetivo Geral | 6 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 6 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 7 |
| 3.1. Equilíbrio postural e integração somatossensorial | 7 |
| 3.2. Avaliação do equilíbrio na postura em pé | 10 |
| 3.2.1. Controle postural na posição bipodal e unipodal | 13 |
| 3.3. Equilíbrio em crianças | 17 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS | 22 |
| 4.1. Caracterização da pesquisa | 22 |
| 4.2. Participantes | 22 |
| 4.3. Critérios de inclusão e exclusão | 22 |
| 4.4. Procedimentos para avaliação antropométrica | 23 |
| 4.5. Procedimentos para avaliação da coordenação motora | 23 |
| 4.6. Procedimentos para avaliação do equilíbrio | Erro! Indicador não definido. |
| 4.7. Análise estatística | Erro! Indicador não definido. |
| 5. RESULTADOS | 28 |
| 5.1. Descrição do grupo de estudo | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 5.2. Avaliação do equilíbrio estático nas posições bipodal e unipodal | 29 |
| 5.3. Avaliação do equilíbrio estático nas posições bipodal e unipodal – Comparação entre sexos..... | 29 |
| 6. DISCUSSÃO | 33 |
| 6.1. Equilíbrio nas posições bipodal e unipodal | 33 |
| 6.2. Equilíbrio nas posições bipodal e unipodal em relação ao sexos | 36 |
| 6.3. Equilíbrio na posição unipodal em relação à dominância..... | 39 |
| 7. CONCLUSÕES..... | 41 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 42 |
| ANEXOS | 50 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| TABELA 1 – Caracterização do grupo de estudo. Valores da Idade (em anos), sexo, massa (em quilogramas), estatura (em metros), IMC (média±desvio-padrão)..... | 28 |
| TABELA 2 – Valores de média e desvio-padrão das variáveis do COP, nas posições bipodal e unipodal..... | 29 |
| TABELA 3 – Valores de média e desvio-padrão das variáveis do COP, nas posições bipodal e unipodal, por sexo..... | 30 |

LISTA DE ABREVIações

CG - Centro de Gravidade

CM - Centro de Massa

COP - Centro de Pressão

CompCOP - Deslocamento de oscilação total

SDap - Desvio padrão na direção ântero-posterior

SDml - Desvio padrão na direção médio-lateral

COPap - Amplitude de deslocamento na direção ântero-posterior

COPml - Amplitude de deslocamento na direção médio-lateral

Area95COP - Área COP

VelmCOP - Velocidade média do COP

IMC - Índice de Massa Corporal

KTK - Teste de Coordenação Motora para crianças

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar o deslocamento do centro de pressão (COP) nas posições bipodal e unipodal dominante e não dominante em crianças de 7 e 8 anos de idade. A amostra foi composta de 40 crianças, sendo 20 meninos e 20 meninas saudáveis. A avaliação do COP foi obtida por meio da plataforma de força AccuSway Plus da marca AMTI (Advanced Mechanical Technologies, Inc). A taxa de amostragem foi de 100 Hz e o tempo de aquisição de 30 segundos, com intervalo de 1 minuto. A dominância foi determinada, quando solicitado aos indivíduos que chutassem uma bola à distância de dois metros. As posições testadas foram: bipodal e unipodal (apoio membro dominante e não dominante) com os olhos abertos. As variáveis analisadas foram: 1) CompCOP - comprimento da trajetória do COP sobre a base de suporte; 2) SDap e SDml - desvio padrão nas direções ântero-posterior e médio-lateral; 3) COPap e COPml - amplitude de deslocamento; 4) VelmCOP - velocidade média; 5) Area95COP - dispersão dos dados do COP pelo cálculo da área do estatocinesiograma, calculada a partir de 95% dos dados. Os resultados indicaram que há variações significativas entre as posições bipodal e unipodal não dominante e dominante, com maior estabilidade do COP na posição bipodal. Na posição unipodal (não dominante e dominante), a média do sexo masculino apresenta valores significativamente maiores que a do feminino. O fator dominância interfere nos valores do COP, sendo que os valores referentes ao apoio unipodal com o membro dominante, indicam menor estabilidade. A avaliação do equilíbrio estático em crianças, na posição unipodal, pode ser uma avaliação útil visando identificar déficits do equilíbrio.

Palavras-chaves: Equilíbrio, Crianças, Posição Unipodal e Dominância.

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the displacement of center of pressure (COP) in 40 healthy children, 20 boys and 20 girls, aged 7-8 years old, during quiet bipedal stance and single leg stance (dominant and non-dominant) with open eyes. The evaluation of COP was obtained through force platform AccuSway - AMTI Plus (Advanced Mechanical Technologies, Inc). The sampling rate was 100 Hz and acquisition time of 30 seconds, with interval of 1 minute. The dominance was determined after we request to the subjects to kick a ball at a distance of two meters. The variables analyzed were: 1) CompCOP - path length of COP on the basis of support; 2) SDap and SDml - standard deviation in directions anteroposterior and mediolateral; 3) COPap and COPml – amplitude displacement; 4) VelmCOP - average speed and 5) Area95COP - dispersion of the data by calculating the COP area of statocinesiogram calculated from 95% of the data. The results indicated that there are significant variations between quiet bipedal stance and single leg stance non-dominant and dominant, with COP greater stability in quiet bipedal stance. In non-dominant and dominant single leg stance, the male`s average has significantly larger values than females. The lateralization factor interferes with COP values, and the values for the single leg stance with the dominant limb, indicate less stability. The static balance evaluation in children, single leg stance, may be useful to identify deficits balance.

Keywords: Balance, Children, Single leg stance, and Lateralization.

1. INTRODUÇÃO

O estudo do equilíbrio assume uma função importante na compreensão do desenvolvimento motor humano e relaciona-se a um ajustamento entre forças internas e externas, que agem no corpo durante a realização de ações motoras, requerendo coordenação e controle, com entrosamento entre o sistema vestibular, visual e proprioceptivo (MALLAU *et al.*, 2010).

Especificamente para a infância, as atividades propícias para o desenvolvimento infantil que possibilitam um amplo domínio corporal, através da aquisição de habilidades motoras, podem se subdividir em habilidades de equilíbrio estático e dinâmico, locomotoras e manipulativas. Estas habilidades fundamentais subsidiam o desenvolvimento motor infantil na aquisição processual de habilidades integrais, convergindo-as para o desenvolvimento pleno e irrestrito do indivíduo (GALLAHUE E OZMUNN, 1995).

O conhecimento das características do desenvolvimento motor pressupõe: a referência e verossimilhança nos padrões; a referência sistemática de comportamentos e etapas; a caracterização das diferenças individuais no curso do desenvolvimento; a averiguação e regularidade funcional, interesse e intencionalidade dos movimentos. Quanto à sequência de aquisição de habilidades motoras, os ciclos e etapas sofrem variabilidade com temática individual e incidência do desenvolvimento e da maturação neurológica, bem como fluidez no ritmo de aquisição de habilidades e valências físicas, dentre as quais o desempenho do equilíbrio estático (TANI, 1998).

A definição de etapas ou estágios no desenvolvimento infantil envolve a identificação de aspectos considerados permanentes e estáveis, como os elementos que compõem o desenvolvimento motor, como aquelas evidenciadas a partir da estruturação do controle postural.

O controle postural não pode ser considerado apenas como um somatório de reflexos estáticos, mas sim, a escolha de estratégias motoras adequadas, baseadas na interação entre o processo sensorio-motor dinâmico. Estas estratégias específicas de resposta, ao controle postural, dependem não só das características do deslocamento postural, mas também das experiências multissensoriais do indivíduo. O desenvolvimento do controle postural envolve diferentes sistemas fisiológicos subjacentes que podem ser afetados pela insuficiência do equilíbrio. Qualquer déficit de um dos sistemas sensoriais irá resultar em diferentes contextos específicos de instabilidades, na postura ereta, haja vista, manter o controle postural seja tão complexo quanto coordenar os movimentos de segmentos corporais (HORAK, 2006).

Uma das formas de se estudar o controle postural é avaliar o equilíbrio estático. O equilíbrio postural envolve a coordenação de estratégias de movimento para estabilizar o centro de massa corporal (CM) durante a busca desta estabilidade, dentro dos limites da base de apoio. O registro da medida obtida através do uso de plataforma de força é o parâmetro de mensuração, a partir da análise das variáveis derivadas do centro de pressão (COP), que pode ser definido como o ponto de aplicação da resultante das forças verticais agindo sobre a superfície de suporte (DUARTE E FREITAS, 2010).

Quando o indivíduo adota estratégias motoras mais coordenadas através do sincronismo dos músculos envolvidos na atividade postural, bem como uma melhor integração dos sistemas neurossensoriais, promove o controle motor com o incremento positivo do equilíbrio. O estudo sobre o controle postural, em crianças com desenvolvimento típico, sugere que tarefas de controle antecipatórias, promovem o amadurecimento dessas estruturas, e serviriam como parâmetros de análise dos aspectos relacionados ao desenvolvimento e desempenho motor, pois ajudam a entender melhor as relações entre o processo final de maturação do Sistema Nervoso Central e o desenvolvimento do controle postural, particularmente em períodos de transição, como aos 7 anos e adolescência (NOLAN *et al.*, 2005).

Destaca-se nesse contexto a importância da análise comparativa entre sexos, pois ainda que os processos de desenvolvimento entre os indivíduos ocorram de modo similar, os mecanismos inerentes ao processo maturacional, influenciam diretamente no equilíbrio e coordenação motora (GORLA *et al.*, 2008). Então entender como as possíveis diferenças do desenvolvimento anátomo-funcionais interfere na estabilidade postural necessitam de maior aprofundamento científico, haja vista a complexidade das interações que possibilitam o controle da postura levam em consideração os fatores de temática individual.

Barbacena (2011) citando alguns estudos (LEMOS, 2010; PETERSON, 2006; HIRABAYASHI E IWASAKI, 1995), averiguaram que quando os aspectos relacionados ao desempenho do equilíbrio em função das possíveis diferenças entre sexos, meninos apresentaram melhores valores que as meninas. Os estudos de (MIKCLE E STEELE, 2011; ODENRICK E SANDSTEDT, 1984) encontraram diferenças que expressam exatamente o oposto. E ainda para outro grupo de estudos (BLASZCZYK, 2009; CUMBERWORTH *et al.*, 2007) não encontraram diferenças significativas entre sexos. Segundo MICKLE E STEELE (2011) indivíduos do sexo feminino apresentariam a tendência de amadurecimento neurossensorial mais precoce que indivíduos do sexo masculino, incidindo de forma direta sobre o equilíbrio estático, o que poderia direcionar diferentes programas educativos e esportivos, levando-se em consideração essas peculiaridades.

ODENRICK E SANDSTEDT (1984) e RIACH E HAYES (1987) observaram que crianças do sexo masculino menores de 10 anos oscilavam mais do que em meninas da mesma idade. Resultados semelhantes foram apresentados por HIRABAYASHI E IWASAKI (1995), que consideraram aspectos do comportamento, um pouco mais inquieto, típico da faixa etária um indicador do processo de aquisição maturacional como fator preponderante, para o atraso no controle postural, observado em meninos.

Ayres (1978) sugere que a articulação e coordenação dos sistemas sensoriais não são importantes apenas para o equilíbrio postural, mas também para o

amadurecimento e melhor controle das ações motoras advindas do Sistema Nervoso Central, como atenção e cognição, em conjunto com o sistema vestibular, ativadas de modo diferente dependendo da posição de referência assumida pelo indivíduo e disponibilidade ou privação das vias sensoriais.

A partir da necessidade de aprofundamento sobre os parâmetros de desempenho do equilíbrio estático em crianças saudáveis para a compreensão dos efeitos das diferenças relacionadas aos sexos, como citado, torna-se premente nortear o estudo pela premissa de que existam diferenças no processo de desenvolvimento motor e maturação entre esses grupos.

Quanto aos protocolos mais utilizados na avaliação do controle postural, as análises do desempenho do equilíbrio humano com desenvolvimento típico empregam principalmente posições em situação bipodal. No entanto, Zumbunn *et al.* (2011) identificam que uma abordagem importante para avaliar o equilíbrio em crianças, seria investigar variáveis específicas relacionadas ao controle postural em posição unipodal, devido a possibilidade de maior variação dos valores de referência do equilíbrio estático ocorrerem nesta posição. Outro fator apontado indica que a maioria dos estudos sobre Estabiliometria, na posição unipodal se limitam a investigar as variações de instabilidade em adolescentes e adultos.

Conforme entendimento de RIACH E HAYES (1987) as crianças com idade até 7 anos não demonstram um padrão maduro, ao nível dos indivíduos adultos, para a estabilidade quando estão em pé. PETERKA E BLACK (1990) afirmam que as crianças com idade até 15 anos são diferentes dos adultos no que diz respeito ao controle postural.

Cole *et al.* (2000) acrescentam que a estabilidade na postura é influenciada por diversos fatores como é o caso do movimento do corpo e a noção de posição, em relação ao campo gravitacional e ambiente. Esta noção é originada por meio de informações sensoriais, sendo estes citados a seguir: sistema visual, vestibular e somatossensorial (MOCHIZUKI E AMADIO, 2006).

Diante disso, a maturação dos três sistemas sensoriais (visão, vestibular e propriocepção) e a capacidade de resolver uma atividade sensorial em situação de conflito, portanto mais desafiadora, pode ser assumida em crianças. Contudo, levando-se em consideração a escassez de informações a respeito da oscilação do centro de pressão (COP) na posição unipodal, também se faz necessário maiores investigações, principalmente sobre a padronização do protocolo avaliativo, tempo de aquisição e variáveis de mensuração que se ajustem para proporcionar uma melhor avaliação do equilíbrio postural.

Outra questão que ainda necessita de maior esclarecimento seria como crianças mantêm o equilíbrio em função da lateralização e dominância. Geuze (2003) indica que apenas alguns períodos de controle postural estável podem ser observados no apoio unipodal. A autora questiona sobre o desempenho relacionado à condição de apoio, principalmente na posição unipodal. Nessa condição de apoio, em seu estudo, as crianças tiveram mais dificuldade com o membro não dominante. Houve melhoria do desempenho com a idade, sendo que os indivíduos do sexo feminino apresentaram valores de referências com menores desestabilizações, com o membro dominante. No entanto, as análises não foram conclusivas, portanto, maior investigação sobre como os mecanismos de co-ativação do membro dominante resultando em maior tempo de recuperação e estabilização, ainda necessitam de aprofundamento.

Assim, uma questão importante para nortear as análises comparativas entre as posições bipodal e unipodal, e, entre o apoio dominante e não dominante, bem como as análises do comportamento das variáveis do COP em diversas posições devem traduzir as estratégias e mecanismos neurossensoriais para o controle postural, mesmo entre grupos de indivíduos aparentemente homogêneos, na identificação de possíveis diferenças, pormenorizando ainda o desempenho do equilíbrio estático entre os indivíduos.

Então avaliar o desempenho em tarefas de movimento que demandam o desempenho do equilíbrio torna-se fundamental para o acompanhamento do desenvolvimento motor indicando os valores de referência para a normalidade. Em

adição, o estudo do desempenho motor infantil, permite um melhor entendimento sobre o controle postural em crianças com desenvolvimento típico, e podem corroborar com a avaliação clínica e aplicação de programas de ensino para esta população, possibilitando a averiguação de sua incidência, relação e influência sobre o desenvolvimento humano, em níveis adequados. Sendo assim, entender como os indivíduos ainda em fase de desenvolvimento controlam a postura em diferentes condições de apoio permite compreender melhor essa habilidade e avaliar possíveis déficits, no sistema neurológico, sensorial e motor.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Comparar o deslocamento do centro de pressão entre as posições bipodal e unipodal em crianças de 7 e 8 anos de idade.

2.2. Objetivos Específicos

- Descrever o deslocamento da oscilação total (CompCOP), desvio padrão (SDap e SDml), amplitude (COPap e COPml), velocidade média (VelmCOP) e área (Area95COP) na posição bipodal e unipodal.
- Comparar as variáveis do COP entre as posições bipodal e unipodal.
- Comparar as variáveis do COP entre a posição unipodal dominante e não dominante.
- Comparar as variáveis do COP entre os sexos feminino e masculino.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Equilíbrio postural e integração somatossensorial

Os segmentos corporais se articulam, promovendo a eficiência do movimento. Isto depende do posicionamento e da postura. Wieczorek (2003) refere à associação entre esses conceitos, em que usualmente, o termo postura se relaciona ao ajustamento do centro de massa (CM), compreendendo a aplicação de um ponto determinado pelo CM no corpo e no espaço, em torno do qual a massa corporal está igualmente distribuída em todas as direções. Na análise de um corpo submetido à força da gravidade, o CM pode também ser considerado como o centro de gravidade (CG). Os segmentos corpóreos se movem como se a força gravitacional agisse sobre todo o corpo.

Os dois principais objetivos funcionais do comportamento postural são a orientação e o equilíbrio postural (VIEIRA E NADAL, 2008). Orientação postural envolve o alinhamento ativo do tronco e da cabeça em relação à gravidade. Para o equilíbrio postural, as referências visuais e demais informações sensoriais se integram para que o movimento, no contexto ambiental, seja adequado às necessidades de interação do indivíduo (AMOUD *et al.*, 2007).

Os referenciais de equilíbrio são caracterizados e ordenam-se pela influência da velocidade. Quando se retorna ao estado de equilíbrio estático, através do controle postural, se caracteriza o equilíbrio estático estável. A aceleração de forças promovem o deslocamento e conseqüentemente o estado de desequilíbrio (SHUMMWAY-COOK E WOOLLACOTT, 1995).

O controle do equilíbrio pode ser uma ação reativa às forças externas que deslocam o CM, ou uma resposta antecipatória às forças desestabilizadoras geradas interna e externamente, impostas pelos movimentos do próprio corpo (ASSAIANTE *et al.*, 2005).

As respostas neurais para a manutenção do equilíbrio são refletidas no deslocamento do centro de pressão (DELIGNIERES E LEGROS, 2003). Para melhor compreensão sobre os processamentos neuromotor e sensorial, é possível encontrar um grande número de estudos que comparam o controle postural em crianças, adultos jovens ou idosos, e, em indivíduos com processos patológicos instalados, que se relacionam diretamente ao controle coordenativo e no equilíbrio. As análises sobre a distribuição dos parâmetros do COP permitem a avaliação do equilíbrio nas tarefas em posição bipodal e unipodal; em condições sensoriais com o recurso visual e sem o recurso visual (BOSEK *et al.*, 2005).

A avaliação do controle postural, com o incremento da visão e do sistema propioceptivo em adultos saudáveis contribuíram para a compreensão de que a integração sensorial é alcançada progressivamente em indivíduos com desenvolvimento típico (NAGY *et al.*, 2007).

A complexidade da tarefa aponta para o fato de que a condição unipodal exige muito mais controle postural, do que a posição bipodal (LAUFER *et al.*, 2006). Quanto mais desafiador for o desempenho da tarefa, mais será exigido dos mecanismos de controle postural, e mais serão dependentes da mesma. O desempenho do equilíbrio, na variação de amplitude do COP na direção ântero-posterior (ap) e médio-lateral (ml), analisados através de uma plataforma de força, em adultos jovens, indica que há uma tendência a ter uma resposta exagerada em condições de ajuste postural, em situações que sejam percebidas como uma ameaça à estabilidade, com limitada redução compensatória em amplitude e variabilidade, observada na direção médio-lateral (NEWELL *et al.*, 2009).

A visão e a propriocepção contribuem para o desempenho do controle postural, onde a integração sensorial é alcançada progressivamente em indivíduos com desenvolvimento típico (ADAMO *et al.*, 2009). Para o autor, os parâmetros do COP, analisados na posição bipodal e unipodal e em condições sensoriais com auxílio da visão normal e visão reduzida, sofrem o efeito do referencial visual durante a perturbação da propriocepção na posição bipodal e unipodal através da

comparação dos parâmetros do COP (velocidade e amplitude), as perturbações da propriocepção aumentaram em ambos os parâmetros do COP na posição bipodal, não tendo efeitos durante a permanência na posição unipodal.

A reintegração propioceptiva, indica que a velocidade COP, é controlada, em um segundo momento, relacionando-se à retomada do equilíbrio. As análises do comportamento da velocidade do COP apontam para o fato de que a estabilidade do equilíbrio postural tende a ser constante em todo o tempo de retomada do controle postural sugerindo uma relação entre a dificuldade da tarefa e a relevância da informação visual.

Na posição unipodal, as perturbações da propriocepção não alteram o comportamento postural, o indivíduo utiliza todos os recursos sensoriais para manter a estabilidade. No entanto, uma adaptação apropriada deve compensar um prejuízo no recebimento propioceptivo da informação sensorial, explicadas pela utilização para manutenção do controle postural, das vias aferentes do sistema nervoso central, que são ativadas quando ocorre a diminuição da estabilidade da base de suporte. Isto implica que as entradas de propriocepção podem ser sobrecarregadas na tarefa de manutenção do equilíbrio. A informação vestibular poderia compensar a integração sensorial e reforçar a participação deste sistema na manutenção do equilíbrio durante as tarefas desafiadoras, como na posição unipodal. Na situação bipodal, quando a propriocepção é reinserida, a velocidade do COP é inicialmente maior. A recuperação do controle postural é conseguida apenas depois de um período de aproximadamente 10s independentemente da disponibilidade de visão. Este atraso na recuperação do controle postural depende da maturação neurológica para o desempenho das tarefas que exijam a manutenção do equilíbrio (FUAD *et al.*, 2012).

3.2. Avaliação do equilíbrio na postura em pé

A postura em pé, pode ser definida como a configuração das articulações de um corpo, isto é, o conjunto de ângulos que expressam o arranjo relativo entre os segmentos de um corpo (DUARTE E FREITAS, 2010).

Para realização desta tarefa motora, respostas neuromusculares e propioceptivas são necessárias para que o ser humano mantenha-se em equilíbrio. No entanto, ao assumir a postura ereta, com referência à postura ortostática, é tecnicamente impreciso. Para tal, um termo mais adequado seria postura ereta semi-estática (WINTER, 2005).

Durante a postura ereta semi-estática, a tarefa do sistema de controle postural, depende da posição do centro de gravidade (CG) do indivíduo, dentro da base de apoio (MALLAU *et al.*, 2010). Esta estabilidade é alcançada gerando-se momentos de força sobre as articulações do corpo para neutralizar o efeito da gravidade ou qualquer outra perturbação, num processo contínuo e dinâmico, durante a permanência em determinada postura. Nesta postura a projeção do CG se move continuamente, aproximadamente 1 cm na direção ântero-posterior e 0,5 cm na direção médio-lateral (WIECZOREK, 2003).

O equilíbrio pode ser avaliado durante quatro tarefas, para tal: 1) postura em pé estática, 2) postura em pé com perturbação, 3) postura em pé durante a execução de movimentos voluntários (segmentos corporais isolados) e 4) postura em pé durante a execução de movimentos voluntários (segmentos corporais isolados) com perturbação. Além dessas quatro condições também se pode incluir a posição ortostática, com variações e desafio no desempenho da tarefa (WIECZOREK, 2003).

Então a cada nova postura adotada pelo ser humano, respostas mecânicas, para o controle postural dependem das forças e momentos de força (torques) aplicados sobre ele. Um corpo está em equilíbrio mecânico quando a somatória de

todas as forças (F) e os momentos (M) que agem sobre ele é igual à zero (DUARTE E FREITAS, 2010).

Para avaliação das coordenadas do centro de pressão (COP) derivadas das forças de reação no solo, através de uma plataforma de força, as coordenada do COP devem tipificar algum aspecto do movimento de oscilação corporal objetivando a estabilidade.

Mello (2009) destaca que para a avaliação quantitativa do equilíbrio estático, deve-se proceder à realização do teste observando-se os seguintes aspectos, onde o indivíduo deve posicionar-se, na postura de referência para avaliação, em ambiente silencioso, descalço e com os membros superiores relaxados ao longo do corpo. A utilização do protocolo avaliativo deve definir a duração, os intervalos entre os testes e tentativas, bem como os parâmetros para avaliação e a definição das variáveis, proporcionando a maior variabilidade de oscilação corporal o que possibilita as averiguações propostas. Para a frequência de aquisição do sinal, deve-se atender aos pressupostos estabelecidos pelo Teorema de Nyquist, que a frequência de amostragem, pelo menos duas vezes maior que a máxima frequência de espectro do sinal, para que esta se possa reconstruir a informação, com a mínima perda de informação.

Barato *et al.*, (2002) indica que os parâmetros globais da avaliação, como o domínio do tempo e da frequência, bem como os parâmetros estruturais: densidade e oscilação podem possibilitar a discriminação de cada parâmetro em relação à condição visual. Como resultado, quatro parâmetros podem ser analisados: o comprimento da trajetória e banda de frequência do COP e os valores médios dos picos e distancia média entre os picos de oscilação e frequência. Para o autor, os procedimentos de avaliação e interpretação das ações de controle por antecipação, ou comandos motores ocultos no COP, consistem em identificar os aglomerados neste sinal e interpretá-los como pontos nos quais o comando por antecipação se torna estável. Desta forma, as oscilações corporais durante a postura ortostática são uma sequência de quedas, freadas pelo coeficiente de elasticidade intrínseco

muscular e contrabalançadas pelo comando motor descendente, o qual coloca o COP antecipadamente além da posição do CM e acelera o mesmo de volta à posição de referência. Cada instante contém picos e frequências alternadas que correspondem à instantes de tempo, nos quais o torque de tornozelo e o comando motor associado, são relativamente estáveis. Os parâmetros extraídos na avaliação do controle postural devem ser normalizados pela frequência de amostragem e por isso tem dimensão de tempo que representa o tempo gasto pelo COP dentro do círculo com raio 2,5 mm. Assim o intervalo de tempo deve estimar a taxa de produção de comandos correspondentes à distância da amplitude entre os intervalos, avaliados pelos comandos posturográficos.

Winter (2005) menciona que a frequência mínima de amostragem deve ser em torno de 5Hz, e, para a filtragem dos dados, e retirada dos ruídos deve-se utilizar um filtro passa-baixas.

A maneira mais comum de avaliação do controle postural é a manutenção na posição quieta, com indicativos quantitativos das oscilações corporais. Na postura ereta, o aumento da base de suporte, pode levar a um aumento da estabilidade caracterizada por uma diminuição da oscilação corporal ou pelo aumento dos limites de estabilidade. No entanto, o comportamento do desempenho da tarefa de equilíbrio, principalmente no controle do tronco e cabeça, em condições mais desafiadoras podem fornecer informações somatossensoriais para o sistema de controle postural, permitindo avaliar as estratégias específicas para o controle e manutenção do equilíbrio, como a integração sensorial, e análise das respostas neurológicas no desempenho da tarefa motora de equilíbrio (CORBIN *et al.*, 2007).

3.2.1. Controle postural na posição bipodal e unipodal

Ao assumir a posição ortostática, algumas oscilações corporais objetivando o controle e manutenção do equilíbrio, são desenvolvidas pelos indivíduos. Contudo essas oscilações são delimitadas pela integração somatossensorial, pelas experiências inerentes ao desenvolvimento e maturação individuais norteadas pela amplitude da integração sensoriomotora, principal agente utilizado na manutenção do equilíbrio (MAURER E PETERKA, 2005).

Sendo assim, a discussão sobre as possíveis diferenças entre os aspectos que determinam a utilização desses mecanismos pelos indivíduos como a dominância e o desempenho do equilíbrio na posição unipodal, para o controle do equilíbrio, se apresenta como uma tarefa complexa, haja vista, depreender de maior convergência desses sistemas para ajuste nos níveis da integração somatossensorial, utilizadas pelo indivíduo quando há maior desestabilização, provocado ao assumir o apoio unipodal em relação ao apoio bipodal, por exemplo. Obviamente isto depende da ampliação do uso dos mecanismos aferenciais sensoriais, dentre elas a propriocepção, visão e vestibular, mobilizados para a manutenção do equilíbrio (REDFERN *et al.*, 2001; JEKA *et al.*, 2004).

A relevância de cada modalidade sensorial pode variar de acordo com a idade e sexo, bem como aos aspectos relacionados ao desenvolvimento e maturação do indivíduo. Ou ainda, pela condição de apoio imposta ao indivíduo, em condições mais desafiadoras, visando avaliar o desempenho desses mecanismos, em níveis de maiores instabilidades. Sendo assim, a informação proprioceptiva determinará os valores deste controle postural, dependendo da posição de referência assumida pelo indivíduo (JEKA E LACKNER, 1994).

Descrever o mecanismo de controle do equilíbrio e a integração sensoriomotora relacionada ao desempenho comparativo na posição de referência (apoio bipodal e unipodal) nos estudos que se propõem a compreender esses mecanismos para o controle da postura possibilita a assimilação dos mecanismos

utilizados na posição ortostática, o que pode ser aplicada como explicação plausível para análise das possíveis diferenças entre essas posições.

Mello (2009) descreve as hipóteses de descrição dos mecanismos de controle postural, na posição ortostática, na qual uma das hipóteses mais coerentes para explicar o mecanismo de controle postural é o modelo do pêndulo invertido de eixo único (WINTER, 1998 e 1999; PETERKA, 2003). O autor expõe que o equilíbrio seria mantido por um coeficiente de elasticidade dos músculos do tornozelo, o qual poderia ser gerado por um componente neural e um mecânico. Desta forma, a alteração da posição bipodal para a posição unipodal, ampliaria este conceito no qual o tônus muscular intrínseco seria suficiente para manter o indivíduo em controle postural na posição unipodal.

Outra interface para ampliar o entendimento sobre o controle postural na alteração da posição de referência sugere que as oscilações posturais possuam magnitude abaixo do limiar de excitabilidade das vias sensoriais aferentes. As informações sensoriais não seriam utilizadas para corrigir os distúrbios na desestabilização ocasionados pela alteração da posição, e sim que o sistema nervoso central (SNC) acione esses mecanismos e corrija os distúrbios provocados na posição de maior desestabilização (unipodal), mantendo o controle postural. O autor destaca que ao se investigar a importância de uma entrada sensorial para o controle do equilíbrio por meio de supressão ou perturbação da posição de referência sejam refletidos pela tendência ao aumento de parâmetros como área e velocidade média de oscilação do COP.

Segundo o autor, aspectos como a fadiga de músculos posturais, bem como os parâmetros posturográficos globais talvez possam estimar a “dimensão” global do padrão oscilatório, isto, independente da posição de referência assumida pelo indivíduo. Logo, analisando os parâmetros globais pode-se inferir sobre as possíveis relações entre as alterações mecânicas ou fisiológicas e os mecanismos de controle do equilíbrio, com tendência de ampliação dos mesmos na posição unipodal. Esses parâmetros posturográficos estruturais do padrão oscilatório para controle postural

tentam decompor o padrão de oscilação em elementos mais simples, porém melhor articulados para manutenção do equilíbrio. O padrão de extensão de joelho, do tendão e aponeurose do vasto lateral e gastrocnêmio apresentam aumento da complacência, o que provavelmente não está relacionada ao tipo de contração ou ao nível de força, mas sim à duração da ação muscular que é aumentada na posição unipodal.

Ao se considerar as contribuições das habilidades motoras perceptivas (fisiológicas e mecânicas) para o desempenho do equilíbrio, elencar as diferentes estratégias utilizadas pelo sistema nervoso central (SNC) a fim de manter o controle da postura, dependendo da natureza da tarefa, é pertinente. No caso, o apoio unipodal envolve maiores alterações do centro de pressão, ao buscar a referência de estabilização após uma desestabilização importante. Então, permanecer na posição unipodal, mantendo-se o equilíbrio corporal define uma maior movimentação do centro de massa ajustado à diminuição da base de apoio (WINTER, 2005).

Ainda merece destaque para permanência na posição unipodal, o controle dos distúrbios e ajustes posturais antecipatórios que permitem manter a estabilidade da postura e da lateralização (ASSAIANTE, 2011).

Então, na posição unipodal, o controle de equilíbrio é uma ação reflexa que visa transformar rapidamente as perturbações de origem neurosensoriais em respostas motoras adequadas associadas a um processo de ajuste igualmente adequado a um tempo de reação menor (CUMBERWORTH *et al.*, 2007; ZUMBRUNN *et al.*, 2011; FUAD *et al.*, 2012).

A escolha da estratégia de equilíbrio adequada, independentemente da dominância, em cada caso, não é consequência apenas de tarefas e restrições ambientais, mas também dos ajustes da função de maturação neural e da experiência individual. O sistema de controle do equilíbrio ocorre nos primeiros anos de vida, contudo, a capacidade da criança para aplicar o controle postural em uma situação mais desafiadora e com maior incidência de perturbações na postura,

depende muito da capacidade para controlar a gravidade e as forças de inércia, principalmente nesta lateralização do controle postural (HSU *et al.*, 2009; DECONINCK *et al.*, 2010; ASSAINATE, 2011).

A posição unipodal é um comportamento específico e pode ser igualmente estimulado na faixa etária entre 6 e 10 anos de idade, época em que as aquisições antecipatórias estão em fase de convergência no processo de amadurecimento do sistemas neurossensoriais, sendo assim a presença de estímulos para uma antecipação de desenvolvimento através do comportamento motor é uma tarefa específica e treinável, e depende do fato de a perturbação ser imposta ao indivíduo (RIACH E HAYES, 1987; BAIR *et al.*, 2011; ZUMBRUNN *et al.*, 2011).

Por essa razão, as crianças entre 6 e 8 anos de idade dependem principalmente das informações a posição da cabeça em relação ao apoio da superfície; a informação torna-se progressivamente e gradual para o controle do equilíbrio postural, como resultado da aquisição de estabilização cabeça e da estratégia espacial adotada, o que perpassa também pela ação motora de lateralização e dominância, ao assumir posturas de maior necessidade e mobilização do equilíbrio e controle posturais (CUISINER *et al.*, 2011).

Fuad *et al.*, (2012) propõem um protocolo para avaliação do equilíbrio em adultos jovens, na posição unipodal com 5 tentativas de 20 segundos, com restrição visual. No entanto, não há consenso sobre o tempo de permanência para avaliação desta posição (ZUMBRUNN *et al.*, 2011). Isto indica a possibilidade de discussão sobre a melhor metodologia para avaliação, na posição unipodal.

Indicar a maior contribuição dos mecanismos de oscilação do corpo, na posição unipodal, buscando informações proprioceptivas, disponíveis através do sistema cinestésico mais desafiador, estabelece parâmetros reais do desempenho do controle postural.

3.3. Equilíbrio em crianças

O equilíbrio e a coordenação motora são estruturas básicas, caracterizadas pelos processos de maturação e desenvolvimento neurológicos. Estas habilidades devem ser avaliadas e desenvolvidas basicamente na infância, pois a aprendizagem motora posterior se utilizará, destas estruturas, num “continuum” de desenvolvimento. Além da necessidade de movimentação que a criança apresenta, vale ressaltar que, na maioria das vezes, a motricidade da criança é pouco explorada, gerando alterações em seu desenvolvimento global que podem refletir em fases posteriores, incidindo de forma negativa, nos processos de aprendizagem (GORLA *et al.*, 2008).

O estudo do equilíbrio e da coordenação motora favorece a compreensão do desenvolvimento motor infantil e relaciona-se a um ajustamento coordenado para a manutenção do corpo na posição vertical requerendo, pela complexidade da tarefa, o domínio do equilíbrio com coordenação e controle. Esta complexidade, no ordenamento de forças internas e externas é responsável por manter a projeção do centro de gravidade sobre a base de apoio (ZUMBRUNN *et al.*, 2011).

O centro de gravidade tende a desequilibrar o indivíduo, que através da integração dos sistemas visual, somatossensorial e vestibular, percebe tal desequilíbrio e envia sinais para o sistema nervoso, com respostas neurais coordenadas para o controle postural, selecionando a melhor resposta orgânica para manutenção do equilíbrio modificando a posição do centro de pressão (COP). Existem correlações entre os sistemas sensoriais e os efeitos averiguados no desenvolvimento e maturação dos indivíduos, estão presentes, ainda na infância. Esses parâmetros estão altamente interrelacionados quando há integração dos sistemas multissensoriais (DECONINCK *et al.*, 2010).

As principais mudanças nas reações de orientação postural, em crianças com desenvolvimento típico, ocorrem na faixa etária entre 7 a 10 anos de idade, podendo

ser avaliados a partir da análise do comportamento do COP. Tais alterações geralmente ocorrem na fase de orientação postural e na retomada da estabilidade. Este padrão de respostas evolui com a idade, com melhoria nas performances de estabilidade. Há diferenças, com decréscimo dos valores do COP em crianças com o aumento da idade, evoluindo progressivamente aos valores próximos aos níveis de controle verificado em adultos. No entanto, esses ajustes tendem a ser menores em indivíduos que apresentam maior instabilidade postural (CUISINIER *et al.*, 2011).

A estabilidade postural melhora com a redução de inclinações do tronco. Sendo assim, a coordenação sensório-motora amadurece com a organização postural e com o amadurecimento da percepção visuo-sensório-motora, durante a infância, refletindo a evolução das mudanças no controle postural durante o desenvolvimento infantil típico (BAUMBERGER *et al.*, 2004).

A possibilidade de melhoria do desempenho, a partir da intervenção para o desenvolvimento funcional de ações motoras e equilíbrio, em crianças até a faixa etária até 12 anos é indicada, quando é suposto que as mesmas alcancem o nível de equilíbrio de um adulto, embora o “ciclo” de desenvolvimento do equilíbrio se complete aos 16 anos de idade, sem haver diferenças significativas para as associações entre sexos (CUMBERWORTH *et al.*, 2007).

O desenvolvimento destas habilidades ocorre, segundo Hsu *et al.*, (2009) linearmente entre os 7 e 12 anos. Nesta fase a função de equilíbrio estaria em desenvolvimento. O comportamento do COP observado pelo autor indica que a velocidade de oscilação se mantém constante, no entanto, ocorre uma maior velocidade de oscilação na área circular, entre 6 e 8 anos, indicando que as crianças nesta faixa etária apresentam um desenvolvimento incompleto dos sistemas de integração neurossensoriais, com implicações no controle postural.

Os resultados foram corroborados pelos estudos propostos por ASSAIANTE (2011), esclarecendo que a aceleração vertical do centro de massa, também oscila na mesma faixa etária. Neste caso, a avaliação do equilíbrio para caracterizar o

desenvolvimento da coordenação, ocorre como necessidade estruturante do controle postural dos indivíduos em desenvolvimento. Os estudos de RIVAL E OLIVIER (2005) também confirmam a diminuição linear dos níveis de deslocamento e velocidade do centro de pressão (COP), no entanto apontam a idade de 8, para estabilização do deslocamento do COP e a faixa etária de 10 anos, para que os processos subjacentes à manutenção de uma estabilidade postural ideal estejam maduros, como ação reativa, resultante da integração sensorial.

DUSING E HARBOURNE (2010) afirmam que o desenvolvimento da integração sensorial é encontrado em crianças com idade mais tenra, aos 4 anos. Ainda nesta faixa etária, as crianças começam a desenvolver um melhor controle visual, e, integram de modo mais otimizado as informações sensoriais, independente do sexo. Entretanto, a maioria dos estudos, faz referência ao processo de amadurecimento com integração sensorial aos 6 anos de idade, os estudos compõem grupos mistos para as análises, isto indica a necessidade de maiores esclarecimentos sobre as possíveis diferenças entre os sexos. Neste estudo, especificamente, foi encontrada diferenças importantes nos parâmetros do equilíbrio, entre os sexos, onde os meninos apresentaram movimentos mais amplos e mais rápidos do COP do que os apresentados pelas meninas, na faixa etária entre 7 e 9 anos de idade.

Em outro estudo recente MICKLE E STEELE (2011) utilizaram a estabiliometria, para avaliação do equilíbrio na posição ortostática com base aberta, base fechada e ainda em posição unipodal em crianças, com desenvolvimento típico, em idade escolar entre 8 a 12 anos, de ambos os sexos. Os resultados apresentados pelos meninos foram melhores do que os apresentados por meninas em todas as condições, embora apenas as pontuações posturais com um único membro foram significativamente diferentes entre os dois grupos. Os autores apontam que a faixa etária de 8 anos de idade sofre influência significativamente maior durante as duas condições. Neste caso, as crianças de 8 anos de idade tiveram um desempenho significativamente inferior durante a condição unipodal quando comparados aos indivíduos na faixa etária de 10 anos de idade. O estudo aponta que quando a

estabilidade postural foi mais desafiadora, os meninos apresentaram uma maior oscilação postural que as meninas na proficiência e execução de tarefas de balanço na posição bipodal. As crianças com 9 anos de idade tiveram mais dificuldade na posição unipodal, reduzindo os valores linearmente até aos 12 anos.

Zumbrunn *et al.*, (2011) avaliaram indivíduos com desenvolvimento típico e com diagnóstico de pé equino varo congênito (CEV), na plataforma de força. Os resultados indicaram as correlações entre o desempenho com a idade dos indivíduos, na maioria das variáveis observadas. Os parâmetros foram altamente interrelacionados quando solicitados os sistemas multissensoriais, exceto as correlações na frequência do COP. As variáveis como a idade, equilíbrio e ajustes do COP também foram correlacionado ao teste para avaliação do equilíbrio de Bruininks-Oseretsky. Neste caso, os maiores coeficientes de correlação foram determinados pelos valores máximos de velocidade do COP na direção ântero-posterior. Os deslocamentos na direção ântero-posterior foram mais significativos principalmente nas variáveis do equilíbrio estático (desvio padrão, área e velocidade). As comparações estatísticas entre os grupos indicaram diferenças significativas para os parâmetros do equilíbrio. Os resultados indicaram que uma avaliação do equilíbrio com um único membro pode ser uma avaliação útil para determinar as perturbações neurosensoriais relacionadas aos possíveis transtornos do equilíbrio.

Lubertzky-Vilnai *et al.*, (2011) investigaram as dinâmicas de controle e desenvolvimento motor e equilíbrio de crianças, na faixa etária entre 8 a 15 anos, com distúrbios motores e comparou o desempenho entre crianças com desenvolvimento típico, em um estudo piloto para intervenção e reabilitação. Os valores médios encontrados para a coordenação motora, medidos pelo teste de proficiência motora Movement Assessment Battery for Children M-ABC, para esta faixa etária, não se distanciaram dos valores descritos na literatura aos de adultos jovens saudáveis, para os indivíduos com desenvolvimento típico.

Bair *et al.*, (2011) desenvolveram a mesma temática, em dois experimentos, avaliando a capacidade de utilização multissensorial, valendo-se da referência visual,

no desenvolvimento do equilíbrio. Ao comparar o desempenho de crianças com dificuldades motoras e crianças de desenvolvimento típico, na faixa etária de 7 anos de idade, em diversas condições sensoriais, com e sem auxílio de um suporte, com e sem auxílio da visão. Neste estudo também foi avaliada a proficiência motora, através da bateria de testes motores M-ABC. O estudo inseriu o desempenho de adultos na tarefa, para comparação dos efeitos da maturação sobre as variáveis. A avaliação incluiu a observação dos deslocamentos do COP, na direção ântero-posterior e médio-lateral. As diferenças foram mais significativas no sentido médio-lateral, para crianças com o desenvolvimento típico, destacam que os efeitos no plano horizontal incidem mais sobre o controle postural deste grupo. Os resultados sugerem que o desempenho do equilíbrio em crianças é atenuado, de forma semelhante aos adultos, na velocidade do desempenho da tarefa motora com e sem a referência visual, se beneficiando das estratégias multissensoriais de orientação corporal, que ainda estão em desenvolvimento.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da pesquisa

A pesquisa se caracterizou como um estudo exploratório, de caráter transversal, envolvendo crianças com desenvolvimento típico.

4.2. Participantes

A amostra foi composta de 40 crianças, sendo 20 meninos e 20 meninas, matriculadas na rede oficial de ensino do Distrito Federal, em fase de alfabetização, na faixa etária de 7 e 8 anos. Os sujeitos encontram-se na seriação correspondente à faixa etária, em período de alfabetização, e dispõem de atividades escolares, físicas e recreativas regulares, na instituição de ensino, porém, sem a prática sistematizada ou orientada por profissionais com habilitação em Educação Física.

4.3. Critérios de inclusão e exclusão

Quanto à seleção dos participantes foram adotadas algumas medidas, como:

a) Critérios de Inclusão:

- Ser classificado como indivíduo eutrófico pela classificação do IMC;
- Apresentar coordenação no mínimo normal pela classificação da bateria de testes KTK - *Körperkoordinationstest für Kinder*, conforme classificação proposta pelo manual "Avaliação Motora em Educação Física Adaptada, Gorla (2009).
- Ter assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

b) Critérios de Exclusão:

- Apresentar comprometimentos sensoriais (visual, auditivo e coordenativo) e cognitivo (déficit de inteligência), diagnosticados através de laudo médico ou psicológico;
- Apresentar dificuldades de locomoção;
- Fazer uso de órtese ou prótese.

Após contato inicial com a Direção do Centro de Ensino Fundamental - Santos Dumont, na cidade de Santa Maria – DF, e anuência dos responsáveis, através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), seguindo os termos do Conselho Nacional de Saúde nº 196/96 – sob o protocolo 006/2009 – Faculdade de Medicina - UnB (ANEXO 1), fizeram parte do grupo de estudo.

4.4. Procedimentos para avaliação antropométrica

Para a avaliação antropométrica foi utilizado o método do IMC (massa corporal/estatura²). Logo após, utilizando-se das curvas de percentil, foram analisadas e incluídas nos grupos as crianças eutróficas segundo classificação proposta por (COLE *et al.*, 2000).

4.5. Procedimentos para avaliação da coordenação motora

Para a avaliação da Coordenação Motora, utilizou-se a bateria de testes KTK executando-se as quatro tarefas:

- Equilíbrio em marcha à retaguarda (ER) – avalia a coordenação nas variáveis, pressão da precisão e da complexidade;
- Saltos laterais (SL) – avalia a coordenação na variável pressão do tempo;

- Saltos monopedais (SM) – avalia a coordenação nas variáveis, pressão da complexidade;
- Transposição lateral (SL) – avalia a coordenação nas variáveis, pressão do tempo e da complexidade.

O resultado de cada item é comparado com os valores normativos fornecidos pelo manual “Avaliação Motora em Educação Física Adaptada – Teste KTK” Gorla (2009) sendo atribuído a cada item um quociente. O somatório dos quatro quocientes representa o quociente motor (QM) que pode ser apresentado em valores percentuais ou absolutos, permitindo classificar as crianças segundo o seu nível de desenvolvimento coordenativo:

1. Perturbações da coordenação;
2. Insuficiência coordenativa;
3. Coordenação normal;
4. Coordenação boa;
5. Coordenação muito boa.

Não foram incluídos os indivíduos que apresentaram perturbações ou insuficiência coordenativa.

4.6. Procedimentos para avaliação do equilíbrio

Esta avaliação refere-se à aquisição de dados sobre o equilíbrio corporal foi coletada através de uma plataforma de força com denominação AccuSway Plus da marca AMTI (Advanced Mechanical Technologies, Inc). A avaliação foi conduzida em ambiente escolar. A dominância foi determinada, quando foi solicitado que os indivíduos chutassem uma bola, objetivando acertar um cone, com distância de 2 (dois) metros entre a marcação e o alvo. Após, os indivíduos tiveram a oportunidade de adaptar-se à posição de referência, posicionando-se com os pés sobre a

plataforma e permanecendo, durante a avaliação, nas seguintes posições anatômicas:

- Apoio Bipodal – Olhos Abertos;
- Apoio Unipodal Dominante - Olhos Abertos;
- Apoio Unipodal Não Dominante - Olhos Abertos.

Para a posição bipodal, os indivíduos assumiram a posição ortostática sobre a plataforma com os pés afastados na largura do quadril, com a cabeça direcionada à frente e com os braços estendidos ao longo do corpo. Para a posição unipodal, os indivíduos se posicionaram com o membro contra-lateral, flexionado 90° na altura dos joelhos.

Ao assumir a posição de referência para avaliação, foi solicitado que os mesmos fixassem um ponto marcado na parede, com distância de 2 (dois) metros, na altura dos olhos dos indivíduos (LEMOS, 2010; MANN *et al.*, 2009 e TEIXEIRA *et al.*, 2008).

A plataforma foi demarcada na primeira tentativa de cada indivíduo conforme a base de apoio, e repetida nas demais para assegurar a mesma base em todas as testagens. A taxa de amostragem da plataforma foi de 100 Hz e o tempo de aquisição de 30 segundos, com intervalo de 1 minuto. Foram realizadas três tentativas.

Para as análises na posição bipodal foi considerado a média das 3 tentativas. Para a posição unipodal, nos casos em que os sujeitos não obtiveram 3 tentativas válidas com duração de 30s, foi utilizado a tentativa que possuísse o menor valor da variável *VelmCOP*.

DUARTE E FREITAS (2010) descreve as variáveis utilizadas na investigação do controle postural, utilizadas neste estudo: 1) Deslocamento da oscilação total (DOT)¹ realizada a partir do cálculo do comprimento da trajetória do centro de pressão (CP)² sobre a base de suporte. 2) Desvio-padrão (CPsd) calculado a partir da dispersão do deslocamento do COP da posição média durante um intervalo de tempo, para cada direção (CPsdap/CPsdml)³. 3) Amplitude de deslocamento do (AdCP), descreve a distância entre o deslocamento máximo e o mínimo do COP para cada direção (AdCPap/AdCPml)⁴. 4) A área (CParea)⁵ e velocidade média (VM)⁶. A variável velocidade média é calculada a partir do deslocamento da oscilação total do COP, dividido pelo tempo total da tentativa. A variável área estima a dispersão dos dados do COP pelo cálculo da área do estatocinesiograma, sendo calculada, a partir da elipse que engloba uma determinada porcentagem (por exemplo, 95%) dos dados do COP, sendo que os dois eixos da elipse são calculados a partir das medidas de dispersão dos sinais do COP.

Após a coleta no estabilômetro AccuSway Plus, as variáveis foram processadas através do software denominado Balance Clinic - Balance Software byAMTI's AccuSway Plus, Balance Plataform. Os dados foram filtrados em um filtro passa baixa a uma frequência de 10 Hz.

¹ DOT = CompCOP;

² CP = COP;

³ CPsdap = SDap e CPsdml = SDml;

⁴ AdCPap = COPap e AdCPml = COPml

⁵ CPArea = Area95COP;

⁶ VM = VelmCOP.

4.7. Análise estatística

Após os dados serem coletados foram submetidos à análise pelo pacote estatístico: Statistical Package for Science Social (SPSS) versão 19.0 for Windows. A identificação de outliers se deu pela utilização da técnica exploratória multivariada de análise de Cluster (ou agrupamentos) que basicamente forma grupos de observações, onde foi possível notar que alguns deles apresentaram valores extremamente diferenciados dos demais. Foram desconsideradas as observações com algum valor falante (missing), outliers identificados pela análise de cluster e tentativas que duraram 30 segundos. Dessa forma, para aqueles indivíduos que ainda possuíam três tentativas válidas, o valor representativo das variáveis foram os valores médios das tentativas. Para aqueles que possuíam duas tentativas válidas, considerou-se a tentativa com o menor valor na variável VelmCOP e para aqueles que possuíam apenas uma tentativa válida, a mesma foi considerada. Procedeu-se ainda aos cálculos de uma série de medidas descritivas para as variáveis COPml, COPap, SDml, SDap, CompCOP, VelmCOP e Area95COP, tanto para averiguação na posição bipodal e unipodal não dominante e unipodal dominante, para as análises na categorias sexo, nestas posições. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, baseado nas análises de postos (rank) das observações e em estatísticas de ordem de uma distribuição Normal. Para verificação da homogeneidade da variância nos grupos – O pressuposto da análise de variância (ANOVA) foi utilizado o teste de Levene que pressupõe a igualdade das variâncias populacionais dos grupos, assume-se que a estatística do teste tem distribuição F. Os testes que verificaram a diferença entre as médias dos grupos foram a ANOVA e Welch. Para as variáveis não Normais foi utilizada a abordagem não paramétrica do teste de Kruskal-Wallis, neste caso a hipótese nula não é de igualdade das médias e sim das funções de distribuição dos grupos. Atribui-se a distribuição qui-quadrado para a estatística do teste de Kruskal-Wallis. Para saber entre quais grupos há realmente diferença significativa, utilizou-se os testes de comparação múltipla (Post Hoc) que tem como princípios o controle do nível de significância para vários testes de comparação de médias, o que não foi feito automaticamente quando se aplicou os contrastes. Para comparação e análise das

diferenças das médias entre as três posições bipodal, unipodal dominante e unipodal não dominante, utilizou-se as comparações múltiplas de Bonferroni. O nível de significância adotado nas análises é de 0,05.

5. RESULTADOS

5.1. Descrição do grupo de estudo

O grupo de estudo foi composto por 40 crianças, na faixa etária disposta entre 7 e 8 anos, de ambos os sexos. Os indivíduos foram incluídos em cada grupo, após avaliação antropométrica e classificadas como indivíduo eutrófico, classificadas através das curvas de percentil, segundo classificação proposta por (COLE *et al.*, 2000).

Na Tabela 1, pode ser observada a descrição antropométrica dos sujeitos participantes do grupo de estudo, com valores da média e desvio padrão.

Tabela 1 – Caracterização do grupo de estudo. Valores da Idade (em anos), sexo, massa (em quilogramas), estatura (em metros), IMC (média±desvio-padrão).

| N | Idade (anos) | Sexo | Massa (Kg) | Estatura (m) | IMC (Kg/m²) |
|----------|-------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 10 | 7 | Feminino | 22,69±3,67 | 1,21±0,06 | 15,18±1,28 |
| 10 | 7 | Masculino | 23,35±3,63 | 1,21±0,04 | 15,94±1,46 |
| 10 | 8 | Feminino | 26,17±2,63 | 1,28±0,04 | 15,74±1,46 |
| 10 | 8 | Masculino | 27,43±3,09 | 1,29±0,07 | 16,39±0,83 |

5.2. Avaliação do equilíbrio estático nas posições bipodal e unipodal

Na Tabela 2 encontram-se a média e desvio-padrão das variáveis do COP, nas posições bipodal e unipodal.

TABELA 2 – Valores de média e desvio-padrão das variáveis do COP nas posições bipodal e unipodal (média±desvio padrão).

| Variáveis do COP | Posição Bipodal (N=40) | Posição Unipodal não Dominante (N=36) | Posição Unipodal Dominante (N=37) |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| COPml (cm) | 2,68±1,14 ^{ab} | 4,79±2,72 ^a | 4,58±2,71 ^b |
| SDml (cm) | 0,48±0,2 ^{ab} | 0,79±0,25 ^a | 0,79±0,28 ^b |
| COPap (cm) | 3,28±1,01 ^{ab} | 8,09±4,93 ^a | 8,04±3,67 ^b |
| SDap (cm) | 0,61±0,17 ^{ab} | 1,17±0,49 ^a | 1,24±0,43 ^b |
| CompCOP (cm) | 53,02±15,54 ^{ab} | 200,18±73,11 ^a | 209,46±82,6 ^b |
| VelmCOP (cm/s) | 1,77±0,52 ^{ab} | 6,67±2,44 ^a | 6,98±2,75 ^b |
| Area95COP (cm ²) | 5,66±3,78 ^{ab} | 18,62±15,11 ^a | 19,73±13,68 ^b |

^a diferença significativa ($p < 0,05$) entre a posição bipodal e a posição unipodal não dominante;

^b diferença significativa ($p < 0,05$) entre a posição bipodal e a posição unipodal dominante.

Comparando-se os resultados obtidos na posição bipodal percebe-se que todas as variáveis apresentaram valores absolutos menores do que na posição unipodal (dominante e não dominante) tanto em posição quanto em dispersão. Comparando-se a posição unipodal, observa-se que as variáveis da posição unipodal não dominante indicaram valores absolutos ligeiramente maiores que a posição unipodal dominante somente para COPml e COPap.,

Por meio da análise de variância (ANOVA) observou-se que há diferença das médias entre as três posições e para identificar entre quais posições, mais especificamente, encontram-se essas diferenças utilizou-se as comparações múltiplas de Bonferroni. Pelas comparações múltiplas, verificou-se que há diferenças

significativas entre os valores médios aferidos nas posições bipodal e unipodal dominante. Os testes também demonstraram diferenças entre a posição bipodal e a posição unipodal não dominante, para todas as variáveis.

5.3. Avaliação do equilíbrio estático nas posições bipodal e unipodal – Comparação entre sexos

Na Tabela 3 podem ser comparados os valores entre sexos, a média e desvio-padrão das variáveis do COP, nas posições bipodal e unipodal.

Tabela 3 – Valores de média e desvio-padrão das variáveis do COP, nas posições bipodal e unipodal, por sexo (média±desvio padrão).

| Variáveis do COP | Sexo | N | Posição | | | | |
|-----------------------------------|-----------|----|-----------------|----|------------------------|----|----------------------------|
| | | | Posição Bipodal | N | Unipodal não Dominante | N | Posição Unipodal Dominante |
| COPml (cm) | Feminino | 20 | 2,45±1,22 | 18 | 4,06±1,65 | 19 | 3,67*±1,06 |
| | Masculino | 20 | 2,9±1,04 | 18 | 5,52±3,38 | 18 | 5,53*±3,54 |
| SDml (cm) | Feminino | 20 | 0,43±0,2 | 18 | 0,71*±0,18 | 19 | 0,70*±0,19 |
| | Masculino | 20 | 0,54±0,19 | 18 | 0,87*±0,28 | 18 | 0,88*±0,33 |
| COPap (cm) | Feminino | 20 | 3,28±1,25 | 18 | 6,69±3,31 | 19 | 6,99*±3,26 |
| | Masculino | 20 | 3,28±0,71 | 18 | 9,48±5,91 | 18 | 9,16*±3,83 |
| SDap (cm) | Feminino | 20 | 0,61±0,21 | 18 | 1,06±0,35 | 19 | 1,12±0,42 |
| | Masculino | 20 | 0,6±0,14 | 18 | 1,29±0,59 | 18 | 1,36±0,42 |
| CompCOP (cm) | Feminino | 20 | 51,89±20,19 | 18 | 172,98*±59,53 | 19 | 175,4*±69,38 |
| | Masculino | 20 | 54,14±9,23 | 18 | 227,39*±76,77 | 18 | 245,41*±81,78 |
| VelmCOP (cm/s) | Feminino | 20 | 1,73±0,67 | 18 | 5,77*±1,98 | 19 | 5,85*±2,31 |
| | Masculino | 20 | 1,8±0,31 | 18 | 7,58*±2,56 | 18 | 8,18*±2,73 |
| Area95COP (cm²) | Feminino | 20 | 5,23±4,22 | 18 | 14,19*±7,81 | 19 | 15,47*±10,18 |
| | Masculino | 20 | 6,09±3,33 | 18 | 23,05*±19,17 | 18 | 24,22*±15,65 |

*diferenças significativas (p< 0, 05).

Observando-se as medidas da posição bipodal para o sexo masculino e feminino, temos que para as variáveis COPml, SDml, CompCOP, VelmCOP, Area95COP a média do grupo masculino é maior que do grupo feminino. Nesta posição, a variável Area95COP não foi considerada Normal e para ela, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis, que apresentou p-valor igual a 0,105 e de acordo com o nível de significância adotado, não há diferença entre as médias do sexo masculino e feminino. As outras variáveis foram consideradas provenientes de uma distribuição Normal, dentre elas, as variáveis COPml, SDml e SDap, possuem evidências significantes de homogeneidade de variância. Pelos resultados da ANOVA, não houve nenhum p-valor abaixo de 0,05 assim como para as outras variáveis que não tinham variância homogênea e que foram testadas pelo teste de Welch. Não foi encontrado evidências de diferença de médias entre os grupos.

Na posição unipodal não dominante a média referente ao sexo masculino apresenta em todas as variáveis, valores maiores que a do feminino. Nesta posição, as variáveis COPml, COPap, SDap e Area95COP não foram consideradas Normais, sendo que somente Area95COP apresentou diferença significativa ($p=0,05$) entre o sexo masculino e feminino pelo teste não-paramétrico de Kruskal Wallis. As outras variáveis foram testadas pela ANOVA (SDml, CompCOP e VelmCOP) demonstraram evidências de diferença significativa entre os sexos. Observando as médias das tabelas de medidas descritivas, conclui-se que a média do sexo masculino é maior que a do feminino. Vale ressaltar que aplicando o teste de contrastes para essas variáveis foi encontrado o mesmo p-valor do teste de ANOVA, já que trata de apenas duas categorias e a mesma conclusão foi alcançada observando-se as medidas descritivas.

Na posição unipodal dominante, foram encontradas várias diferenças significativas entre o sexo masculino e feminino, sendo assim, as variáveis serão analisadas detalhadamente.

A começar pelas variáveis COPml, SDml, COPap e Area95COP, sendo testadas quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, todas tiveram p-valores

bem abaixo de 0,05 e, portanto não foram consideradas como provenientes de uma distribuição Normal. Aplicando-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, para verificar a diferença entre as médias, obteve-se o p-valor igual a 0,009 para a variável COPml, p-valor igual a 0,014 para a variável SDml, p-valor igual a 0,048 para COPap e p-valor igual a 0,021 para a variável Area95COP, demonstrando fortes evidências para a diferença de médias entre os sexos. Mais especificamente percebe-se que as médias do sexo masculino são maiores que as do sexo feminino.

Já para as variáveis SDap, CompCOP e VelmCOP, o teste de Shapiro-Wilk indicou p-valores que oferecem evidências de que elas advêm de uma amostra Normal. Assim, o teste de Levene demonstrou p-valores acima de 0,05 para as variáveis SDap, CompCOP e VelmCOP. Para aquelas variáveis que temos fortes evidências de homogeneidade da variância, os resultados obtidos pelo teste da ANOVA foram o p-valor igual a 0,09 para a variável SDap, p-valor igual a 0,008 para a variável CompCOP e p-valor igual a 0,008 para a variável VelmCOP. Com essas informações verifica-se que para as variáveis CompCOP e VelmCOP há diferença significativa entre o sexo masculino e feminino e novamente pelas medidas descritivas, percebe-se que as médias são maiores para o sexo masculino.

6. DISCUSSÃO

6.1. Equilíbrio nas posições bipodal e unipodal

Este estudo pretendeu avaliar o equilíbrio estático em crianças de 7 e 8 anos de idade, com desenvolvimento típico, por meio da estabiliometria, nas posições bipodal e unipodal. Os dados coletados foram comparados entre crianças do sexo feminino e masculino observando-se as variáveis de mensuração COPml (cm), COPap (cm), SDml (cm), SDap (cm), CompCOP (cm), VelmCOP (cm/s) e AREA95COP (cm²).

Por meio dos resultados pode-se identificar que houve variações significativas entre as posições bipodal e unipodal não dominante e dominante. A posição bipodal apresentou níveis de deslocamento do COP inferiores em todas as variáveis, quando comparados com a posição unipodal, dessa forma pode-se compreender que a posição bipodal, apresentou indicadores de melhor estabilidade, o que obviamente traduz o protocolo de avaliação, disponibilizando maior base de estabilidade e articulação entre todos os sistemas neurossensoriais, com efetiva vinculação do sistema propioceptivo para manutenção do controle postural.

A relação entre as variáveis com valores absolutos menores e a diferença significativa na posição bipodal, pode ser observada também na literatura, pois quando o indivíduo adota estratégias motoras mais coordenadas através do sincronismo dos músculos envolvidos na atividade postural, bem como uma melhor integração dos sistemas neurossensoriais possibilitam o controle motor com melhora de estabilidade (ASSAIANTE *et al.*, 2005; DELIGNIERES E LEGROS, 2003; NAGY *et al.*, 2007; NEWELL *et al.*, 2009; ADAMO *et al.*, 2009; FUAD *et al.*, 2012).

O controle postural, em crianças com desenvolvimento típico, sugere que tarefas de controle antecipatórias reflexas e propioceptivas propiciam a análise dos

aspectos relacionados ao desenvolvimento e maturação do sistema nervoso central, particularmente em períodos de transição, como aos 7 anos e adolescência (NOLAN *et al.*, 2005; CUMBERWORTH *et al.*, 2007).

A faixa etária abordada neste estudo demonstra a perspectiva entre o período de significativo amadurecimento da habilidade do equilíbrio estático indicando mudanças no desempenho de competências motoras, dependendo da tarefa proposta ao indivíduo. Isto pode ser verificado através das variações entre os protocolos adotados, onde, para os valores absolutos na posição bipodal não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos. Inversamente os valores expressos na posição unipodal (não dominante e dominante), apresentaram maiores diferenças, sendo que a posição unipodal dominante apresentou valores de maior oscilação nas variáveis do COP, portanto com maior instabilidade.

Outro aspecto a ser considerado são as diferenças entre os mecanismos de amadurecimento entre os sexos o que parece indicar que os mecanismos de integração sensoriais em meninas, estão disponíveis mais precocemente e apresentam melhor integração do que em meninos neste período, aos 7 e 8 anos de idade Geldhof *et al.* (2006); Sobera *et al.* (2011).

Para as variáveis CompCOP, VelmCOP e Area95COP, houve diferenças significativas entre os grupos, na posição unipodal, tanto dominante quanto não dominante. A averiguação de concordância entre as posições unipodais, indicam que essas variáveis se sobrepõem quanto aos aspectos de maior variabilidade e revelam maior capacidade de detalhamento das diferenças entre os sexos quando se assume uma posição mais desafiadora.

DUARTE E FREITAS (2010) destacam que algumas estratégias de movimento articulares são utilizadas para controlar a posição do corpo no espaço, com destaque para as articulações do tornozelo e quadril. A estratégia do movimento do tornozelo é bastante utilizada para controlar a oscilação na postura em pé. Então, uma explicação plausível para as diferenças com maior instabilidade na posição unipodal seria que quando o indivíduo assume uma posição mais desafiadora, para

manutenção do equilíbrio, o quadril produz movimentos mais amplos e rápidos, para controlar e restaurar o equilíbrio em resposta ao forte deslocamento do (CG).

Geuze (2003) relatou que o equilíbrio estático se correlaciona à capacidade de perceber e processar a informação visual, o que é importante no controle de “feedback” motor, utilizado no processamento do controle postural, baseado na manutenção do equilíbrio, principalmente na posição unipodal. Neste estudo as exigências da tarefa de controle do equilíbrio na posição unipodal exigiram respostas com maiores valores, sobretudo para as variável *VelmCOP*, corroborando os achados aqui mencionados.

Conforme entendimento de Blaszczyk (2009) a repetibilidade do elipsóide *COP* e a velocidade, na mensuração do equilíbrio, em crianças de 7 anos de idade pode ser considerado satisfatório, mesmo com valores altos. O mesmo ocorreu com as variáveis de dispersão da trajetória e velocidade, com valores mais altos para as variáveis *CompCOP*, *VelmCOP* e *Area95COP*, independente da dominância, no entanto, a posição unipodal dominante, indica valores com maior oscilação.

Por meio da identificação dos mecanismos de controle postural e manutenção do equilíbrio, pode-se inferir que o desenvolvimento da propriocepção, nesta faixa etária, acrescenta relevantes informações para a avaliação e diagnóstico do desempenho desta tarefa, ou ainda para o diagnóstico de déficits neuro-sensório-motoras. Lembrando que a avaliação unipodal tem apresentado medidas de dispersão maiores que a bipodal, proporcionando assim uma maior facilidade para identificação dos mecanismos para estabilização, tanto quanto for maior o desafio imposto pelo desempenho da tarefa (ZUMBRUNN *et al.*, 2011; MICKLE E STEELE, 2011).

Berger *et al.*, (1995) relata que o nível da atividade dos músculos extensores do tronco, em crianças aos 7 anos, é semelhante ao nível de adultos quando assumem a posição ortostática. A atividade dos músculos extensores permite a manutenção da posição do corpo na vertical, sendo que este é o principal aspecto

que influencia a velocidade COP. Como a habilidade de controle postural está quase totalmente desenvolvido em crianças nesta faixa etária, eles podem controlar os músculos extensores de maneira contínua e prolongada Lafond *et al.*, (2009).

Então pode-se verificar que as respostas motoras aos mecanismos de estabilização, sugerem que há maior variabilidade nos valores relacionados à amplitude de deslocamento; velocidade média e área do COP, antes de promover a estabilidade na posição unipodal.

6.2. Equilíbrio nas posições bipodal e unipodal em relação aos sexos

Este tópico busca apresentar uma discussão a respeito do equilíbrio nas posições bipodal e unipodal em relação ao sexo, valendo-se das informações obtidas por meio dos resultados do tópico anterior, bem como pesquisa em obras de autores que realizaram pesquisas semelhantes ou que agregam valores e enriquecem a pesquisa realizada.

No que se refere às variações descritivas das posições em relação ao sexo pode-se identificar que as medidas da posição unipodal (dominante e não dominante) para o sexo masculino e feminino, temos que para algumas variáveis CompCOP, VelmCOP e Area95COP, a média do masculino é maior que do sexo feminino, com diferenças significativas. Na posição unipodal dominante as variáveis COPml, SDml e COPap, também apresentaram diferenças significativas no comparativo entre sexos, e a variável SDml em conjunto com as variáveis acima descritas, indicou diferença significativa na posição unipodal não dominante.

Alguns estudos apontam para maiores oscilações do COP, na posição unipodal, também encontrados neste estudo. Diante desse contexto, pode-se identificar que os testes aplicados na posição unipodal (dominante e não dominante)

entre os sexos, são mais sensíveis à diferenças entre os sexos apresentando elevado grau de variação entre as variáveis do COP, portanto, infere-se a partir dos dados apontados que as pessoas do sexo feminino apresentaram valores menores, o que significa que os mesmos possuem um melhor controle postural em relação às pessoas do sexo masculino.

Os resultados apresentados por Blazszczyk (2009) indicam que aos sete anos de idade não há diferenças significativas entre as variáveis de mensuração do COP (área e velocidade média) na posição unipodal, o que poderia sugerir o desenvolvimento da função de suporte na lateralização, utilizando um dos membros inferiores, mobilizam e integram de modo mais otimizados, os sistemas sensoriais para manutenção do controle postural para a posição unipodal em meninos.

Apesar dos grupos se apresentarem de forma homogênea quanto aos índices da avaliação do IMC, os meninos apresentaram maior deslocamento das variáveis do COP, na posição unipodal, para mensuração do equilíbrio estático. Possivelmente, os meninos tiveram influência maior quanto ao tamanho dos membros inferiores e extremidades, apresentando maior estatura e tamanho dos pés do que as meninas. No entanto, como as maiores diferenças ocorreram na posição unipodal dominante, a estabilização com melhores valores para as meninas parecem apontar para o fato de que a integração sensoriomotora está amplificada e melhor desenvolvida em meninas. Isto destaca a relevância dos diferentes mecanismos de controle postural nesta posição.

Steindl *et al.* (2006) indicam que para a posição unipodal não dominante e dominante, os indivíduos do sexo feminino apresentam melhores índices na estabilidade até a idade de 11-12 anos. Possivelmente essas variações se relacionam às influências de fatores como o crescimento físico um pouco mais acelerado e a integração sensorial amadurecida mais precocemente em meninas do que em meninos.

MICKLE E STEELE (2011) também apresentam esses fatores como explicação plausível para as diferenças entre os sexos, destacando ser possível que

a maturação neurológica dos sistemas visual, vestibular e proprioceptivo ocorra mais cedo em meninas de tal forma que elas podem executar a tarefa complexa de equilíbrio de modo mais eficiente, no entanto seus resultados encontraram valores de maior estabilidade para indivíduos do sexo masculino. Outra questão anátomo fisiológica que merece destaque é o peso corporal, as meninas, em valores médios, são mais leves que os meninos, então essa interface parece influenciar no equilíbrio quando se assume a posição unipodal, uma vez que a aceleração do CG, após a saída do estado de inércia, também reflete na retomada da estabilidade. Os resultados encontrados corroboram os achados de Geldhof *et al.* (2006); LEE E LIN (2007), em que meninos apresentaram valores de referência do equilíbrio estático com maior variabilidade e oscilação que meninas.

Desta forma tem-se que crianças na faixa etária proposta, parecem possuir a capacidade de selecionar estratégias de equilíbrio variando as limitações de uma determinada tarefa, ainda que o balanceamento corporal em condição estática tenha-se mostrado muito associada com a capacidade para perceber e processar informações visuais. Por outro lado, quando a tarefa possui maior grau de exigências (posição unipodal) a capacidade de responder à desestabilização e manter o equilíbrio foi associado com velocidade da resposta motora o que implica no possível envolvimento de um mecanismo descendente no controle do equilíbrio, no entanto, a partir da diferença apresentada por meninas pode-se questionar se em crianças do sexo masculino, esses mecanismos já etariam presentes nos indivíduos, ainda que esta temática mereça maiores investigações.

6.3. Equilíbrio na posição unipodal em relação à dominância

Para a avaliação do equilíbrio postural unipodal, a dominância foi determinada quando foi solicitado que os indivíduos chutassem uma bola, objetivando acertar um cone, com distância de 2 (dois) metros entre a marcação e o alvo.

Quanto à influência das alterações no equilíbrio postural unipodal, relacionados às diferenças encontradas entre os sexos, destaca-se que a ação das estruturas cerebrais envolvidas na lateralização, quando o indivíduo permanece nesta posição (unipodal dominante e não dominante), dentre elas o cerebelo e os gânglios basais, e, no córtex, a região parietal posterior, essas estruturas direcionam as ações neuromotoras na integração espacial, o que é fundamental na recuperação da postura ortostática unipodal (TILIKET *et al.*, 2001).

Para que ocorra o controle postural, com apoio unipodal, as reações propioceptivas são distintas quanto à utilização do membro dominante, e as reações de equilíbrio estão diretamente dependentes do tônus postural e da capacidade de efetivar os movimentos seletivos, buscando o equilíbrio com um padrão de distribuição dos segmentos corporais, neste caso, pode-se inferir que a dominância interfira neste padrão, isto como resultado das diferenças da lateralização com o membro dominante (VOOS E VALLE, 2008). Então, o apoio com o membro dominante, ocasionalmente resultaria em maior tempo de reação das informações sensório-motoras para a manutenção postural, bem como uma menor capacidade de sustentar a postura, dificultando o equilíbrio.

Outros fatores que podem ser considerados em relação ao apoio com o membro dominante e não dominante, são as limitações na capacidade de desviar o peso corporal no membro não dominante, a diminuição da resistência muscular localizada dos músculos extensores dos membros inferiores principalmente no quadríceps e tríceps sural. Na posição dominante, o maior fortalecimento desses músculos, promove o aumento do equilíbrio (GUIMARÃES *et al.*, 2007). No entanto,

há de se considerar o referencial de apoio com maior segurança para o indivíduo, com o membro não dominante visando sustentar o peso corporal, possibilitando maior estabilidade, como os achados neste estudo. Sendo assim, maiores investigações, a posteriori devem investigar a influencia das possíveis diferenças de fatores fisiológicos como a resistencia muscular localizada de cada membro, influenciam no controle do equilíbrio.

Vale destacar que a alteração do apoio unipodal com o membro dominante altera os valores de referência do centro de pressão (COP) isto porque a oscilação do COP é a medida resultante da resposta neuromuscular ao balanço do centro de massa (CM), alterados na posição unipodal (LAFOND *et al.*, 2004).

Contrariamente Jeka *et al.*, (2004) indicam que na posição unipodal dominante as informações sensoriais advindas dos sistemas neuromotores possibilitam uma melhor referência dos segmentos corporais para o controle postural traduziriam esta melhor resposta orgânica às perturbações no equilíbrio.

Os valores de menor oscilação do membro não dominante, encontrados neste estudo, podem repercutir a melhor recuperação do equilíbrio frente às perturbações impostas pela posição, buscando a estabilidade corporal mesmo sob as condições somatossensoriais alteradas.

7. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados encontrados percebe-se que há variações significativas entre as posições bipodal e unipodal não dominante e dominante, com maior estabilidade do COP na posição bipodal.

Na posição unipodal os valores do COP (não dominante - SDml, CompCOP, VelmCOP e Area95COP; dominante - COPml, SDml, COPap, CompCOP, VelmCOP e Area95COP) referente ao sexo masculino apresentam valores significativamente maiores que a do feminino.

O fator dominância parece interferir nos valores do COP, sendo que os valores relacionados ao apoio unipodal com o membro dominante, indicam menor estabilidade do que com o membro não-dominante.

A avaliação do equilíbrio em crianças, na posição unipodal pode ser uma avaliação útil visando identificar déficits do equilíbrio, revelando diferenças não encontradas na posição bipodal e entre os sexos feminino e masculino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adamo DE, Alexander NB, Brown SH. The influence of age and physical activity on upper limb proprioceptive ability. *J Aging Phys.* v.17 (3):272-93, 2009.

Amoud HAM, Hewson DJ, Michel-Pellegrino V, Doussot M, Duchene J. Fractal time series analysis of postural stability in elderly and control subjects. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation.* v. 4:12, 2007.

Assaiante C. Action and representation of action during childhood and adolescence: A functional approach. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology.* v. 42, P. 43-51, 2011.

Assaiante C, Mallau S, Viel SI, Jover M, Schmitz C. Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plasticity.* v. 12, 2005.

Ayres AJ. *Sensory integration and the child.* Los Angeles: Western Psychological Services, 1978.

Bair W-NJAB, Whitall J, Jeka J, Jane EC. Children with Developmental Coordination Disorder benefit from using vision in combination with touch information for quiet standing. *Gait & Posture.* v. 34, p. 183-190, 2011.

Baratto L, Morasso PG, Re C, Spada G. A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques. *Motor Control* 6(3): 246-70, 2002.

Barbacena MM. *Equilíbrio postural em crianças com obesidade e sobrepeso de 7 a 14 anos. [Dissertação de mestrado].* Brasília: Universidade de Brasília; 2011.

Baumberger B, Isableu B, Flückiger M. The visual control of ability in children and adults: postural readjustments in a ground optical flow. *Exp Brain Res.* (159: 33-46), 2004.

Berger L, Chuzel M, Buisson G, Rougier P. Undisturbed upright stance control in the elderly: part 1. Age-related changes in undisturbed upright stance control. *Journal of Motor Behavior*, College Park, v.37, n.5, p.348-358, 2005.

Błaszczak JW. Sway ratio - a new measure for quantifying postural stability. *Acta neurobiologiae experimentalis* 68 (1): 51-57, 2009.

Bosek MGB, Kowalczak A, Lubinski I. Degradation of postural control system as a consequence of Parkinson's disease and ageing. *Neuroscience Letters.* 376:215-20, 2005.

Butterworth G, Hicks L. Visual proprioception and postural stability in infancy: a developmental study. *Perception*, v.6, p.256-62, 1977.

Cherng RJ, Chen JJ. Vestibular system in performance of standing balance of children and young adults under altered sensory condition. *Percept Mot Skills.* 2001.

Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medical Journal.*, v. 320, p.1-6, 2000.

Corbin DM, Hart JM, Ingersoll PO, Hertel CD. The effect of textured insoles on postural control in double and single limb stance. *J. Sportes Rehabil.* 16 (4), 363-372, 2007.

Cumberworth VL, Patel NN, Rogers W, Kenyon GS. The maturation of balance in children. *The Journal of Laryngology & Otology.* (v.121:449-54), 2007.

Cuisinier R, Olivier I, Vaugoyeau M, Nougier V, Assaiante C. Reweighting of sensory inputs to control quiet standing in children from 7 to 11 and in adults. PLOS ONE, v. 6, 2011.

Deconinck FJA, Savelsbergh GJP, Clercq D, Lenoir M. Balance problems during obstacle crossing in children with developmental coordination disorder. Gait & Posture. v.32, 327-33, 2010.

Delignieres DT, Legros AC. A methodological note on nonlinear time series analysis: is the open- and closed-loop model of Collins and De Luca (1993) a statistical artifact? Journal of Motor Behavior. v. 35:86-96, 2003.

Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. Revista Brasileira Fisioterapia. 14(3):183-92, São Carlos, 2010.

Dusing SC, Harbourne RT. Variability in postural control during infancy: implications for development, assessment, and intervention. Physical Therapy. v. 90, nº 12, 2010.

Forsberg H, Nashner LM. Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance. The Journal of Neuroscience, Washington, DC, v. 2, n. 5, p. 545-552, may 1982.

Fuad A, Hazime PA, Maiza TI, Cassio MS, Siqueira CFA, Tanaka C. Postural control under visual and proprioceptive perturbations during Double and single limb stances: Insights for balance training. Journal of Bodywork et Movement Therapies. v. 16: 224-9, 2012.

Geuze RH. Static balance and developmental coordination disorder. Human Movement Science. DOI: 10.1016/j.humov. 22(4-5): 527-548, 2003.

Gallahue DL, Ozmun JC. Understanding motor development: infants, children, adolescents. 2 ed. Indianópolis: Brown & Benchmark Publishers, 1995.

Geldhof E, Cardon G, De Bourdeaudhuij I. Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 years old children. *Eur J Pediatric*; 165(11): 779-86, 2006.

Gorla, J. I.; Montagner, P. Avaliação da Coordenação Motora de escolares da área urbana do Município de Umuarama-PR, Brasil. *Revista Brasileira Ciência e Movimento* v.16 (2):57-8, 2008.

Gorla JI. Avaliação motora em educação física adaptada: teste ktk. Phorte, São Paulo, 2009.

Guimarães RM, Pereira JS, Batista LA. Fortalecimento do músculo solear: impacto na cinemática da marcha de indivíduos hemiparéticos. *Fisioterapia em Movimento*. 20(3): 11-16, 2007.

Hirabayashi S, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain & Development*, v. 17, p. 111–113, 1995.

Hoffman M, Schrader J, Koceja D. An investigation of postural control in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction patient. *J Athl Train* 1998.

Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*. (35-S2; ii7-ii11 doi: 10.1093/ageing/afl 077), 2006.

Hsu Y, Kuan C, Young Y. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. v. 73:737–40, 2009.

Jeka J, Lackner JR. Fingertip contact influences human postural control. *Experimental Brain Research*. v. 100, pp. 495-502, 1994.

Jeka J, Kiemel T, Creath R, Horak F, Peterka R. Controlling human upright posture: velocity information is more accurate than position or acceleration. *Journal of Neurophysiology*. v. 92, pp. 2368-2370, 2004.

Lafond D, Duarte M, Prince F. Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *J. Biomech.* (9):1421-6, 2004.

Laufer Y, Barak Y, Chemel I. Age-related differences in the effect of a perceived threat to stability on postural control. *Medical Sciences*. v.6, nº 5, 500-504, 2006.

Lee AJY, Lin W-H. The influence of gender and somatotype on single-leg upright standing postural stability in children. *J Appl Biomech*; 23(3):173-9, 2007.

Lee DN, Aronson E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception and Psychophysics*, v.15, p.529-32, 1974.

Lemos LFC. Desenvolvimento do equilíbrio postural e desempenho motor de crianças de 4 aos 10 anos de idade. [Dissertação de mestrado]. Brasília: Universidade de Brasília; 2010.

Lubertzky-Vilnai A, Tracy L, Westcot S. Investigation of the dynamic Gait Index in Children: A Pilot study. *Pediatric Physical Therapy*, 2011.

Mallau S, Vaugoyeau M, Assaiante C. Postural strategies and sensory integration: no turning point between childhood and adolescence. *Plos One*. v. 5 (9 e 13078), 2010.

Mann L, Kleinpaula JF, Teixeira CS, Rossi AG, Lopes LFD, MOTA CB. Investigação do equilíbrio corporal em idosos. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*. 2008.

Maurer C, Peterka RJ. A new interpretation of spontaneous sway measures based on a simple model of human postural control. *Journal of Neurophysiology*. v. 93, pp. 189-200, 2005

Mello RGT. Mecanismo de antecipação do controle do equilíbrio postural ortostático e influência do exercício intenso ou prolongado. [Tese de Doutorado]: Rio de Janeiro, UFRJ/COOPE. 2009.

Mickle KJ, Steele JR. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *Journal of Science and Medicine in Sport*. v.14:243–8, 2011.

Mochizuki L, Amadio AC. As informações sensoriais para o controle postural. *Fisioter Mov* 2006;19:11-8.

Nagy EFKA, Barnai M, Domján-Preszner A, Angyan L, Horvath G. Postural control in elderly subjects participating in balance training. *European Journal of Applied Physiology*. 100:97-104, 2007.

Newell KSS, Slobounova E, Molenaar P. Stochastic processes in postural center-of-pressure profiles. *BioMedcentral BioMedical Engineering*. 8:35, 2009.

Nolan L, Grigorenko A, Thorstensson A. Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Developmental Medicine & Child Neurology*. (v.47: 449-454), 2005.

Odenrick P & Sandstedt P (1984). Development of postural sway in the normal child. *Hum Neurobiol*, 1984.

Peterka RJ. Simple model of sensory interaction in human postural control. *Multisensory Control of Posture*. T. Mergner and F. Hlavacka. New York, Plenum Press: 281-288, 1995.

Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*, Oxford, v.23, p.455-463, 2006.

Redfer MS, Yardley L, Bronstein AM. Visual influences on balance, *Anxiety Disorders*. v. 15, pp. 81-94, 2001.

Riach CL, Hayes KC. Maturation of postural control in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, v.29, p.650-8, 1987.

Rival HC, Olivier I. Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters*. 376:133–6, 2005.

Shummway-Cook A, Woollacott M. *Motor control: theory and practical applications*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995.

Shumway-Cook A, Woollacott M. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior*, v.17, n.2, p.131-47, 1985.

Sobera M, Siedlecka B, Syczewska M. Posture control development in children aged 2-7 years old, based on the changes of repeatability of the stability indices. *Neuroscience Letters*, n.491, p.13-17, 2011.

Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz AW. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev Med Child Neurol*. 2006.

Tani G. *Educação física escolar: fundamentos de uma abordagem desenvolvimentista*. EPU, São Paulo, 1998.

Teixeira CS, Lemos LFC, Lopes LFD, Rossi AG, Mota CB. Equilíbrio corporal e exercícios físicos: uma investigação com mulheres idosas praticantes de diferentes modalidades. *Acta Fisiátrica*. v. 15(3): 154-157, 2008.

Tiliket C, Rode G, Rosseti Y, Pichon J. Prism adaptation to rightward optical sdesviation improves postural imbalance in left-hemiparetic patients. *Current Biology*. 11:524-528, 2001.

Vieira TDMO, Nadal J. An overview of age-related changes in postural control during quiet standing tasks using classical and modern stabilometric descriptors. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. v.19:e513-e519, 2008.

Voos MC, Valle LEP. Estudo comparativo entre a relação do hemisfério acometido no acidente vascular encefálico e a evolução funcional em indivíduos destros. *Rev bras fisioter*. 12 (2): 113-120, 2008.

Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*. 3ª ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2005.

Wieczorek SA. *Equilíbrio em adultos e idosos: relação entre tempo de movimento e acurácia durante movimentos voluntários na postura em pé*. Dissertação de Mestrado – EEFEUUSP – São Paulo, 2003.

Woll A, Kurth B, Oper E, Bös K, Worth A. The “Motor-Modul” (MoMo): physical fitness and physical activity in German children and adolescents. *Eur J Pediatr*. v. 170:1129-1142, 2011.

Zumbrunn T, MacWilliams BA, Johnson BA. Evaluation of a single leg stance balance test in children. *Gait & Posture*. v.34:174-7, 2011.

ANEXOS

ANEXO 1

**Ministério da Educação
Universidade de Brasília
Faculdade de Educação Física**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Aluno: _____

Seu filho (a) está sendo convidado (a) a participar do projeto: Avaliação do Equilíbrio Postural e Coordenação Motora em Escolares no Distrito Federal.

O objetivo desta pesquisa é: Desenvolver pesquisas relacionadas ao tema do projeto.

Todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a)

A sua participação será através da aplicação de testes para mensuração do equilíbrio postural e coordenação motora, sem qualquer incômodo ou procedimento invasivo. Informamos que poderá haver recusa em participar de qualquer procedimento que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) seu (a) filho (a). Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Instituição Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sobre a guarda do pesquisador.

Este projeto foi Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do sujeito da pesquisa podem ser obtidos através do telefone: (61) 3107-1947.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o sujeito da pesquisa.

Nome / assinatura

Oséias Guimarães de Castro

Pesquisador Responsável

Brasília, 01 de Março de 2012.

ANEXO 2

A pesquisa intitulada: “Análise do Equilíbrio Postural em Crianças” foi aprovada pelo Comitê de Ética com Seres Humanos da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (UnB) - protocolo nº 006/2009, sob Orientação da Prof.^a Dr.^a Ana Cristina de David – Laboratório de Biomecânica – FEF/UnB.