
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE
(Área de Biodinâmica da Motricidade Humana)**

**INFORMAÇÃO VISUAL NO CONTROLE POSTURAL DE CRIANÇAS:
EFEITO DAS CARACTERÍSTICAS DO ESTÍMULO**

DANIELA GODOI

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

INFORMAÇÃO VISUAL NO CONTROLE POSTURAL DE CRIANÇAS:
EFEITO DAS CARACTERÍSTICAS DO ESTÍMULO

DANIELA GODOI

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ANGELO BARELA

Tese apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do Campus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista, como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Doutor em Ciências da
Motricidade (Área de Biodinâmica da
Motricidade Humana)

RIO CLARO
2008

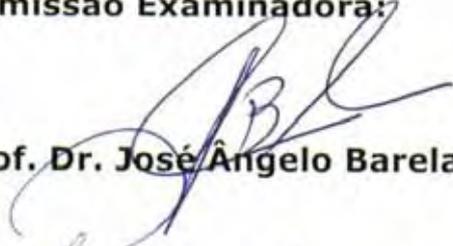
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE
(ÁREA: BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA)**

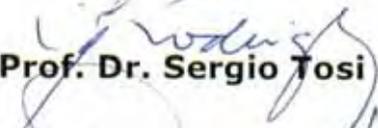
TESE DE DOUTORADO defendida em 25.09.08

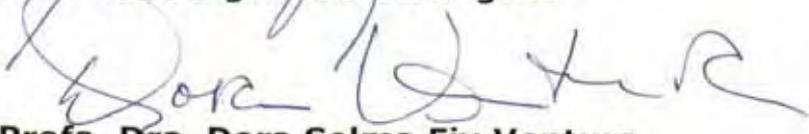
**"Informação Visual no Controle Postural de Crianças: Efeito
das Características do Estímulo"**

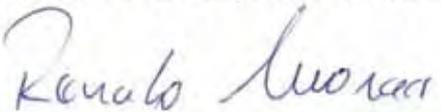
DANIELA GODOI

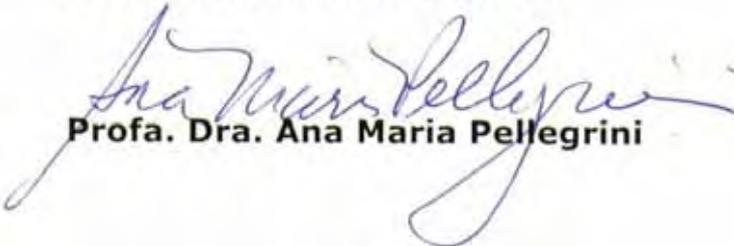
Comissão Examinadora:


Prof. Dr. José Ângelo Barela


Prof. Dr. Sergio Tosi Rodrigues


Profa. Dra. Dora Selma Fix Ventura


Prof. Dr. Renato de Moraes


Profa. Dra. Ana Maria Pellegrini

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, **João e Lúcia,**
pela educação sólida, pelo apoio e incentivo,
e por viverem intensamente cada momento
da minha vida.*

*Ao meu querido irmão, **Fábio,**
pelo exemplo e companheirismo; por ser este
ser humano lindo e um grande amigo, com o
qual eu sempre posso contar!*

*Ao meu eterno amor, **Fábio,**
pela paciência, pelo apoio, compreensão,
carinho e amor. Te Amo!*

AGRADECIMENTOS

Ao término de um ciclo tão importante, várias são as pessoas que merecem os meus sinceros agradecimentos...

A **Deus**, por todas as maravilhas que tem feito em minha vida e, sem o qual, nada seria possível e/ou faria sentido.

A toda a **minha família**, pelas palavras de incentivo, pela paciência e pela compreensão durante essa longa jornada.

Ao **Prof. Dr. José Angelo Barela**, que me orienta desde os primeiros anos da graduação, e com o qual aprendi muito nestes quase 10 anos. Em todos estes anos de convívio ele sempre foi muito mais do que um orientador, foi um amigo que eu respeito **MUITO** pelo profissionalismo, pela amizade e, sobretudo, pelo caráter. Obrigada por tudo!

Aos professores **Dr. Sérgio Tosi Rodrigues**, **Dra. Dora Selma Fix Ventura**, **Dra. Ana Maria Pellegrini** e **Dr. Renato de Moraes** pelos comentários, críticas e sugestões, que auxiliaram muito no desenvolvimento e na conclusão deste trabalho.

A todos os **participantes** do estudo, bem como seus **pais** ou **responsáveis**, pela compreensão, paciência e disponibilidade.

À **Secretaria Municipal de Educação** da cidade de Rio Claro, especialmente à diretora do departamento pedagógico **Profa. Cândida Belato Catelani**, por autorizar o contato com as escolas de educação infantil e ensino fundamental do município.

À **EMEI "JOVELINA MORATELLI"**, especialmente à diretora **Profa. Valéria**, à coordenadora pedagógica **Profa. Rosana** e às professoras **Gilvaneide** (2ª A), **Marili** (2ª B) e **Sandra** (2ª E), pela colaboração na indicação de alguns participantes.

À **EMEIEF "VICTORINO MACHADO"**, especialmente às diretoras **Profa. Fátima** (2007) e **Profa. Valéria** (2008), à vice-diretora **Profa. Solange** e à coordenadora pedagógica **Profa. Rosimeire**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

À EE “**OSCÁLIA GÓES SANTOS**”, especialmente à diretora **Profa. Arlete**, à vice-diretora **Profa. Cláudia** e ao monitor na parceria com a UNESP **Leandro Mori Acedo** (Gigante), pela colaboração na indicação de alguns participantes.

À EMEI “**DOM PEDRO I**”, especialmente à diretora **Profa. Damares**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

À “**ESCOLA KOELLE – EDUCAÇÃO E CULTURA**”, especialmente à coordenadora pedagógica **Profa. Mônica** e ao diretor **Prof. Ingo Roberto Koelle**, pela colaboração na indicação de alguns participantes e pelo transporte dos participantes até a UNESP.

À escola “**DINÂMICA**”, especialmente à coordenadora pedagógica **Profa. Sônia**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

À escola “**FAZENDO ARTE**”, especialmente às professoras **Edilene** e **Edimara**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

Ao “**LAR ESPÍRITA ESPERIDIÃO PRADO**”, especialmente à vice-diretora **Cidinha**, pela colaboração na indicação de alguns participantes.

A todos os **amigos do LEM**. Tive o privilégio de fazer parte da equipe do LEM desde o início de suas atividades. Nestes anos todos convivi com várias ‘gerações’ do LEM. Agradeço muito a todos! Aos mais antigos, **Paula, Paulo, Thátia**; aos intermediários, **Arenda, Priscilla, Ana Paula, Josenaldo, Carol, Adriana, Aline, Maria Solange, Ivan, Matheus, Raquel**; aos mais recentes, **Dalva, Mário, Dianinha, Dianona, Andrei, Milena, Matheus**; e aos permanentes, **Aninha** e **Guilherme**. Passei bons momentos com todos vocês e, em épocas diferentes, aprendi muito com todos! Em especial, agradeço aos que me auxiliaram mais diretamente nas coletas de dados deste estudo, **Milena, Dianinha, Dianona, Raquel**, e, muito, ao **Andrei**, pela força (literalmente) e auxílio em todas as coletas.

Às **bibliotecárias** e **demais servidores da Unesp**, que estão sempre dispostos a colaborar.

A **todos** os colegas que conheci durante todos estes anos de UNESP e que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo.

RESUMO

A fim de investigar a utilização da informação visual por crianças e adultos jovens diante de alterações das características do estímulo visual durante a manutenção da posição em pé foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento investigou a influência da estrutura do fluxo ótico no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens. Os participantes permaneceram em pé dentro de uma sala móvel, em diferentes distâncias da parede frontal da sala, e em três condições: fluxo global, frontal, e lateral. Os resultados indicaram que a influência da distância e da estrutura do fluxo ótico no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foram dependentes da idade e a influência da estrutura do fluxo ótico no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da distância. Com base nestes resultados, é possível sugerir que diferenças desenvolvimentais no relacionamento entre informação visual e oscilação corporal estão relacionadas ao modo como as crianças utilizam a informação ótica em diferentes estruturas do fluxo ótico. O segundo experimento investigou a influência de características do estímulo visual no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens. Os participantes permaneceram em pé dentro de uma sala móvel em três condições experimentais: diâmetro, contraste, e velocidade do estímulo visual. Os resultados indicaram que o relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal e a variabilidade do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foram dependentes da idade em todas as condições. O diâmetro e o contraste do estímulo visual não influenciaram este acoplamento. A velocidade do estímulo visual influenciou o acoplamento, mas esta influência não foi dependente da idade. Com base nestes resultados, é possível concluir que as diferenças no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal relacionadas à idade não são decorrentes da utilização diferente das características do estímulo visual manipuladas neste estudo. A partir dos resultados obtidos nestes dois experimentos é possível sugerir que as diferenças entre crianças e adultos jovens não está em como cada uma das características do estímulo visual é utilizada separadamente, mas sim em como as crianças extraem as informações relevantes do ambiente quando todas as características do estímulo estão disponíveis.

Palavras-Chave: informação visual, controle postural, desenvolvimento

ABSTRACT

In order to investigate how children and adults use different visual stimulus characteristics during maintenance of upright stance two experiments were designed. The first experiment investigated the influence of optic flow structure in the visual information and body sway coupling of 4-, 8-, and 12-year-old participants and young adults. Participants stood upright inside a moving room at different distances from the frontal wall and at three conditions: global; central; and peripheral optic flow. The results showed that the influence of distance and optic flow structure in the visual information and body sway coupling is age and distance dependent. These results suggest that age-related changes observed in the relationship between visual information and body sway are related to how children use optic information in different optic flow structures. The second experiment investigated the influence of visual stimulus characteristics manipulation in the visual information and body sway coupling of 4-, 8-, and 12-year-old participants and young adults. Participants stood upright inside a moving room with reduced optic flow at three conditions: target with different diameter; contrast; and velocity. The results showed that temporal relationship and variability of coupling between visual information and body sway were age dependent in all conditions. Visual stimulus diameter and visual stimulus contrast did not influence this coupling. Visual stimulus velocity influenced the coupling but this influence was not age dependent. Thus, it can be concluded that age-related changes in coupling between visual information and body sway are not related to different use of stimulus characteristics of the target manipulated in the present experiment. Based upon these results, it can be suggested that the differences in postural control between children and adults are not in how children use individually visual stimulus characteristic, but rather in how children extract relevant information from the environment when all stimulus characteristics are available.

Keywords: visual information, postural control, development

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Fotos da sala móvel nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).....	51
Figura 2.	Figura infantil utilizada como alvo em todas as condições experimentais.....	51
Figura 3.	Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML).....	57
Figura 4.	Exemplos de séries temporais e do deslocamento da sala e da oscilação corporal dos participantes de 4 anos (painel a), 8 anos (painel b), 12 anos (painel c) e adultos jovens (painel d) e de amplitudes espectrais deslocamento da sala e da oscilação corporal dos participantes de 4 anos (painel e), 8 anos (painel f), 12 anos (painel g) e adultos jovens (painéis h) durante uma tentativa da condição controle em que a sala foi movimentada na frequência de 0,2 Hz e o participante permaneceu na distância de 100 cm. A linha clara refere-se ao deslocamento da sala móvel (SM) e a linha escura às trajetórias da oscilação corporal (OC) dos participantes.....	58
Figura 5.	Médias e desvios padrão do ganho para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).....	60
Figura 6.	Médias e desvios padrão da fase para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).....	62
Figura 7.	Médias e desvios padrão da variabilidade de posição para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).....	64
Figura 8.	Médias e desvios padrão da variabilidade de velocidade para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).....	66
Figura 9.	Médias e desvios padrão da amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA) para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).....	67

Figura 10. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).....	69
Figura 11. Foto da sala móvel utilizada nas condições experimentais...	93
Figura 12. Condições de diâmetro de 20 cm (a), 5 cm (b) e 3,34 cm (c) do alvo exibido no monitor LCD.....	95
Figura 13. Condições de contraste de 0% (a), 25% (b), 50% (c), 75% (d) e 100% (e) do alvo exibido no monitor LCD.....	96
Figura 14. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML).....	103
Figura 15. Exemplos de séries temporais e do deslocamento da sala e da oscilação corporal dos participantes de 4 anos (painel a), 8 anos (painel b), 12 anos (painel c) e adultos jovens (painel d) e de amplitudes espectrais deslocamento da sala e da oscilação corporal dos participantes de 4 anos (painel e), 8 anos (painel f), 12 anos (painel g) e adultos jovens (painéis h) durante uma tentativa em que a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz, com uma velocidade de pico de 0,6 cm/s, e os participantes deveriam olhar para um alvo preto com diâmetro de 5,0 cm. A linha clara refere-se ao deslocamento da sala móvel (SM) e a linha escura às trajetórias da oscilação corporal (OC) dos participantes.....	105
Figura 16. Médias e desvios padrão do ganho (a) e da fase (b) para os quatro grupos, nos três diâmetros de alvo.....	106
Figura 17. Médias e desvios padrão da variabilidade de posição (a) e variabilidade de velocidade (b) para os quatro grupos, nos três diâmetros do alvo.....	107
Figura 18. Médias e desvios padrão da amplitude de oscilação na freqüência do estímulo (SFSA) para os quatro grupos, nos três diâmetros do alvo.....	108
Figura 19. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nos três diâmetros do alvo.....	109
Figura 20. Médias e desvios padrão do ganho (a) e da fase (b) para os quatro grupos, nas cinco condições de contraste de alvo.....	110

Figura 21. Médias e desvios padrão da variabilidade de posição (a) e variabilidade de velocidade (b) para os quatro grupos, nas cinco condições de contraste de alvo.....	111
Figura 22. Médias e desvios padrão da amplitude de oscilação na freqüência do estímulo (SFSA) para os quatro grupos, nas cinco condições de contraste de alvo.....	112
Figura 23. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas cinco condições de contraste de alvo.....	113
Figura 24. Médias e desvios padrão do ganho (a) e da fase (b) para os quatro grupos, nas três velocidades de pico do movimento da sala.....	114
Figura 25. Médias e desvios padrão da variabilidade de posição (a) e variabilidade de velocidade (b) para os quatro grupos, nas três velocidades de pico do movimento da sala.....	115
Figura 26. Médias e desvios padrão da amplitude de oscilação na freqüência do estímulo (SFSA) para os quatro grupos, nas três velocidades de pico.....	116
Figura 27. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas três velocidades de pico do movimento da sala.....	117

SUMÁRIO

	PÁGINA
CAPÍTULO 1. Introdução.....	13
CAPÍTULO 2. Revisão de Literatura.....	18
2.1. CONTROLE POSTURAL.....	19
2.2. CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO.....	20
2.3. DESENVOLVIMENTO DO CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO.....	21
2.4. ADAPTAÇÃO E CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO.....	28
CAPÍTULO 3. Estrutura do Fluxo Ótico e Acoplamento entre Informação Visual e Oscilação Corporal em Crianças.....	38
3.1. INTRODUÇÃO.....	39
3.2. MATERIAL E MÉTODO.....	47
3.2.1. Participantes.....	47
3.2.2. Procedimentos.....	48
3.2.3. Tratamento e Análise dos Dados.....	52
3.2.4. Análise Estatística.....	55
3.3. RESULTADOS.....	56
3.3.1. Ganho e Fase.....	58
3.3.2. Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade.....	63
3.3.3. Amplitude de Oscilação na Frequência do Estímulo (SFSA)...	66
3.3.4. Amplitude Média de Oscilação.....	68
3.4. DISCUSSÃO.....	70
3.4.1. Sistema de Controle Postural.....	71
3.4.2. Processos Adaptativos no Acoplamento entre Informação Visual e oscilação corporal.....	73
3.4.3. Sensibilidade à Estrutura do Fluxo Ótico no Acoplamento entre Informação Visual e oscilação corporal.....	75
CAPÍTULO 4. Características do Estímulo Visual e Acoplamento entre Informação Visual e Oscilação Corporal em Crianças.....	82
4.1. INTRODUÇÃO.....	83
4.2. MATERIAL E MÉTODO.....	91
4.2.1. Participantes.....	91
4.2.2. Procedimentos.....	92
4.2.3. Tratamento e Análise dos Dados.....	97
4.2.4. Análise Estatística.....	101

4.3. RESULTADOS.....	103
4.3.1. Condição Tamanho.....	105
4.3.1.1. <i>Ganho e Fase</i>	105
4.3.1.2. <i>Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade..</i>	107
4.3.1.3. <i>Amplitude de Oscilação na Freqüência do Estímulo (SFSA)</i>	108
4.3.1.4. <i>Amplitude Média de Oscilação</i>	109
4.3.2. Condição Contraste.....	109
4.3.2.1. <i>Ganho e Fase</i>	109
4.3.2.2. <i>Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade..</i>	110
4.3.2.3. <i>Amplitude de Oscilação na Freqüência do Estímulo (SFSA)</i>	112
4.3.2.4. <i>Amplitude Média de Oscilação</i>	112
4.4.3. Condição Velocidade.....	113
4.3.3.1. <i>Ganho e Fase</i>	113
4.3.3.2. <i>Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade..</i>	115
4.3.3.3. <i>Amplitude de Oscilação na Freqüência do Estímulo (SFSA)</i>	116
4.3.3.4. <i>Amplitude Média de Oscilação</i>	117
4.4. DISCUSSÃO.....	118
4.4.1. Sistema de Controle Postural.....	118
4.4.2. Diâmetro do Alvo e Acoplamento entre Informação Visual e oscilação corporal.....	124
4.4.3. Contraste do Estímulo Visual e Acoplamento entre Informação Visual e oscilação corporal.....	127
4.4.4. Velocidade do Estímulo Visual e Acoplamento entre Informação Visual e oscilação corporal.....	129
CAPÍTULO 5. Síntese dos Resultados e Conclusões.....	132
5.1. AMBIENTE VISUAL ESTRUTURADO E NÃO ESTRUTURADO.....	133
5.2. MUDANÇAS DESENVOLVIMENTAIS NA UTILIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO VISUAL.....	137
5.3. CONCLUSÕES.....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
APÊNDICES. Termos de Consentimento Livre e Esclarecido.....	159
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (CRIANÇAS).....	160
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (ADULTOS JOVENS).....	161
ANEXO A. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa do IB/UNESP/RC.....	162

CAPÍTULO 1.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, várias alterações são observadas no comportamento motor. Até mesmo uma inspeção despretensiosa permite constatar que bebês, crianças, adultos e idosos não são idênticos quanto a realização de diversas habilidades motoras. Embora diversos estudos tenham relatado alterações desenvolvimentais no comportamento motor (por exemplo, GOBLE; LEWIS; HURVITZ; BROWN, 2005; VALLIS; MCFADYEN, 2005; VAN EMMERIK; MCDERMOTT; HADDAD; VAN WEGEN, 2005), o grande desafio dos pesquisadores tem sido desvendar quais fatores são responsáveis por desencadear tais mudanças.

Durante muitos anos esta questão não foi motivo de preocupação uma vez que o curso do desenvolvimento motor era atribuído exclusivamente às características genéticas dos indivíduos (GESELL, 1933/1967; 1939). Entretanto, impulsionado principalmente pelos estudos de Thelen e colegas (THELEN; FISHER, 1982; THELEN; FISHER; RIDLEY-JOHNSON, 1984), o

desenvolvimento motor deixou de ser entendido como resultado de mudanças em um único fator (visão maturacionista) e passou a ser entendido como resultado de mudanças em diversos fatores (THELEN, 1986), denominados restrições (NEWELL, 1986). Dessa maneira, se por um lado os trabalhos de Thelen e colegas expandiram o conhecimento sobre o desenvolvimento motor, por outro lado, eles desencadearam aquela que talvez seja a mais intrigante e importante questão da área: o que é que muda?

Estudos recentes têm sugerido que mudanças desenvolvimentais observadas na realização de ações motoras podem ser decorrentes não apenas de alterações nos sistemas sensoriais e/ou no sistema motor mas de alterações na forma como as informações sensoriais são relacionadas às ações motoras. Em outras palavras, estas diferenças observadas entre crianças e adultos poderiam ser decorrentes de alterações no acoplamento entre informação sensorial e ação motora (BARELA; JEKA; CLARK, 2003).

Uma maneira freqüentemente utilizada para investigar o acoplamento entre informação sensorial e ação motora é estudar o controle postural durante a manutenção de uma posição estática, por exemplo, manutenção da posição em pé ou sentada. Esta situação permite avaliar as respostas motoras diante da manipulação de um sistema sensorial (acoplamento percepção-ação), minimizando a influência de outros fatores que estão presentes em tarefas dinâmicas. Dessa forma, o controle postural é o meio utilizado para investigar o acoplamento entre percepção e ação.

Esta abordagem foi utilizada para verificar a influência da informação visual no controle postural a partir dos estudos pioneiros de Lee e

colaboradores (LEE; LISHMAN, 1975; LISHMAN; LEE, 1973), sendo denominada de paradigma da sala móvel. Posteriormente, esta abordagem foi utilizada por Jeka e colaboradores (JEKA; LACKNER, 1994; 1995; JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJKSTRA; HENSON, 1998; JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997) para investigar a influência da informação somatossensorial no controle postural, sendo denominada de paradigma da 'sala móvel' somatossensorial.

O desenvolvimento do acoplamento entre percepção e ação tem sido investigado em bebês (por exemplo, BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BERTENTHAL; BAI, 1989; BUTTERWORTH; HICKS, 1977; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996; LEE; ARONSON, 1974), crianças (por exemplo, BARELA; JEKA; CLARK, 2003; GODOI, 2004; SCHMUCKLER, 1997), adultos (por exemplo, FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004; STOFFREGEN, 1985) e idosos (por exemplo, POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001; PRIOLI; FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2005; WADE; LINDQUIST; TAYLOR; TRET-JACOBSON, 1995). De modo geral, estes estudos têm observado que, embora a manipulação da informação sensorial (visual ou somatossensorial) tenha induzido oscilações corporais correspondentes em todos os participantes estudados, o acoplamento entre percepção e ação difere entre os grupos.

Godoi (2004), por exemplo, investigou crianças de 4 a 14 anos e adultos jovens e observou que o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal se torna mais forte com o aumento da idade. Mais do que isso, foi observado que, com o aumento da distância entre os participantes e o

estímulo visual móvel, o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal se tornou mais fraco para as crianças entre 4 e 10 anos de idade e não se alterou para os participantes de 12 e 14 anos de idade e adultos jovens. Dessa forma, quando estavam a 25 cm do estímulo visual, todos os participantes foram igualmente influenciados pelo estímulo visual, entretanto, a medida que esta distância aumentou (50, 100 e 150 cm), a influência do estímulo visual reduziu para crianças de 4 a 10 anos (GODOI, 2004). A partir destes resultados foi sugerido que as crianças mais jovens teriam dificuldade de se adaptar às mudanças nas características do estímulo visual em decorrência do aumento da distância. Neste caso, as crianças mais jovens, teriam dificuldade em extrair as informações mais importantes e/ou organizar a contribuição das várias fontes de informações sensoriais disponíveis a fim de controlar suas oscilações corporais (GODOI; BARELA, 2005, 2008).

Esta sugestão foi comprovada experimentalmente por Polastri (2007), que verificou que embora o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças de 4 e 8 anos se altere em função de mudanças abruptas da amplitude e velocidade do estímulo visual, estas alterações não são semelhantes às observadas em participantes de 12 anos e adultos jovens. Por esse motivo, Polastri (2007) sugeriu que o sistema de controle postural de crianças mais jovens não apresenta um funcionamento adaptativo tão bem desenvolvido quanto em crianças de 12 anos e adultos jovens.

Considerando os estudos revisados, constata-se que, embora eles tenham contribuído para o melhor entendimento de alguns aspectos relacionados ao controle postural, várias dúvidas ainda permanecem e

necessitam ser esclarecidas. Não está claro, por exemplo, por que as crianças mais jovens têm dificuldades em lidar com as alterações das informações sensoriais disponíveis no ambiente. Ainda, parece pertinente questionar o que tornar a informação sensorial 'suficiente' a fim de que crianças e adultos jovens a utilizem de maneira semelhante, como observado na situação em que o estímulo visual está próximo. Será que modificações das características do estímulo visual poderiam atenuar ou eliminar as diferenças observadas no controle postural de crianças e adultos jovens?

Dessa forma, o objetivo geral deste estudo foi investigar a utilização da informação visual por crianças e adultos jovens diante de alterações das características do estímulo visual durante a manutenção da posição em pé.

CAPÍTULO 2.

REVISÃO DE LITERATURA

Diversas alterações têm sido observadas no comportamento motor ao longo do ciclo desenvolvimental. Estas alterações desenvolvimentais são freqüentemente inferidas por meio do estudo do controle postural. Não apenas porque o controle postural é imprescindível para a aquisição e refinamento das habilidades motoras, mas também porque ele é um meio de investigar o acoplamento entre percepção e ação.

Deste modo, embora haja interesse em entender os diversos processos relacionados ao desenvolvimento humano, por acreditar que as diferenças desenvolvimentais observadas no comportamento motor sejam decorrentes de alterações no acoplamento entre percepção e ação, o presente estudo irá focar este acoplamento. Neste caso, uma maneira que parece ser adequada de investigá-lo é entendendo o controle postural, pois a obtenção de orientação e a manutenção de um equilíbrio postural são alcançadas a partir de um intrincado relacionamento entre informação sensorial e ação motora.

2.1. CONTROLE POSTURAL

Várias mudanças têm sido observadas no sistema de controle postural ao longo dos primeiros anos de vida. Comportamentalmente, observa-se maior oscilação corporal (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987), velocidade de oscilação (TAGUCHI; TADA, 1988) e área de oscilação (TAGUCHI; TADA, 1988; USUI; MAEKAWA; HIRASAWA, 1995; WOLFF; ROSE; JONES; BLOCH; OEHLERT; GAMBLE, 1998) em crianças mais jovens quando comparadas a crianças mais velhas e a adultos jovens. Funcionalmente, nota-se que as crianças apresentam dificuldades para lidar com situações nas quais as informações sensoriais são conflitantes. Shumway-Cook e Woollacott (1985), por exemplo, sugeriram que, entre os 4 e 6 anos de idade, há um período de transição em que as crianças começam a desenvolver a habilidade de resolver situações de conflito sensorial. No entanto, apesar das diferenças desenvolvimentais observadas no desempenho e no funcionamento do sistema de controle postural, ainda não está claro quais fatores estariam associados a estas mudanças.

Recentemente, tem sido sugerido que estas mudanças desenvolvimentais podem ser decorrentes não apenas de alterações nos sistemas sensoriais e/ou no sistema motor mas também de alterações na forma como as informações sensoriais são relacionadas às ações motoras. Em outras palavras, estas diferenças observadas entre crianças e adultos jovens poderiam ser decorrentes de alterações no acoplamento entre informação sensorial e ação motora (BARELA; JEKA; CLARK, 2003). Nesta visão, não

apenas as informações sensoriais influenciam as ações motoras, mas também estas ações influenciam a captação das informações sensoriais. Dessa forma, o chamado padrão (SCHÖNER, 1991) ou ciclo (BARELA, 1997) percepção-ação é formado, podendo ser entendido como entidades acopladas, atuando em conjunto.

2.2. CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO

Uma maneira de estudar o acoplamento entre percepção e ação é manipular a informação fornecida a um sistema sensorial e verificar as respostas motoras. Esta abordagem foi elegantemente utilizada para verificar a influência da informação visual no controle postural a partir dos estudos pioneiros de Lee e colaboradores (LEE; LISHMAN, 1975; LISHMAN; LEE, 1973), sendo denominada de paradigma da sala móvel. Neste paradigma, a orientação postural e o equilíbrio postural são influenciados pelo movimento de paredes e/ou teto de uma sala, independentemente do piso. O deslocamento da sala altera a imagem projetada na retina criando a ilusão de oscilação corporal. Assim, quando a sala se aproxima do indivíduo, a imagem desta sala projetada na retina aumenta dando a impressão ao indivíduo de que ele oscilou para frente, o que o faz realizar contrações musculares adequadas para que desloque o corpo para trás. Da mesma forma, quando a sala se afasta, a imagem projetada na retina diminui criando a ilusão de que o indivíduo se deslocou para trás e, por meio de contrações musculares adequadas, ele desloca seu corpo para frente.

2.3. DESENVOLVIMENTO DO CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO

Após os estudos pioneiros de Lee e colaboradores (LEE; LISHMAN, 1975; LISHMAN; LEE, 1973), o paradigma da sala móvel foi extensivamente utilizado em estudos com bebês (BERTENTHAL; BAI, 1989; BUTTERWORTH; HICKS, 1977; DELORME; FRIGON; LAGACÉ, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996; LEE; ARONSON, 1974), crianças (por exemplo, SCHMUCKLER, 1997), adultos (STOFFREGEN, 1985) e idosos (WADE; LINDQUIST; TAYLOR; TRET-JACOBSON, 1995). De maneira geral, estes estudos examinaram a influência da informação visual na manutenção da posição sentada ou em pé nestas diferentes populações. Entretanto, não houve a preocupação de investigar a dinâmica da relação entre informação sensorial e ação motora, nem dentro de uma perspectiva desenvolvimental, nem em relação ao funcionamento do sistema de controle postural.

Na tentativa de entender o relacionamento entre informação sensorial e ação motora nas situações em que o ciclo percepção-ação é formado, Schöner (1991) sugeriu um modelo matemático teórico no qual procurou descrever a influência da informação visual na ação motora, verificada nas situações em que o paradigma da sala móvel é utilizado. O modelo proposto foi baseado na teoria dinâmica sobre coordenação de movimentos, especificamente, nos conceitos de dinâmica intrínseca e de informação comportamental (SCHÖNER, 1990; SCHÖNER; KELSO, 1988a; SCHÖNER; KELSO, 1988b; SCHÖNER; KELSO, 1988c). A dinâmica intrínseca se refere ao comportamento do sistema na sua forma preferida de atuação. Por

outro lado, a informação comportamental seria qualquer aspecto que provocaria alteração no comportamento do sistema, levando-o a atuar em regimes diferentes dos preferidos.

Um dos aspectos centrais do modelo proposto por Schöner (1991) diz respeito à estabilidade temporal do ciclo percepção-ação. A estabilidade temporal refere-se à habilidade do sistema em sustentar um padrão de relacionamento face às flutuações do ambiente ou de retornar a este padrão após perturbações, o que, no caso do ciclo percepção-ação, poderia indicar a força do acoplamento entre informação sensorial e ação motora.

O modelo matemático teórico proposto por Schöner (1991) apresenta quatro predições centrais. De acordo com o modelo, a medida que a distância entre o observador e a informação visual aumenta: (1) a estabilidade temporal diminui; (2) o atraso temporal entre o estímulo visual e a resposta postural aumenta; (3) a amplitude de oscilação corporal diminui; e (4) a razão de expansão da informação visual projetada na retina diminui.

As predições de Schöner (1991) foram testadas experimentalmente (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994) utilizando uma sala móvel virtual (projeção de pontos em uma tela, que expandiam e contraíam) que apresentava estímulos em uma frequência de 0,2 Hz, com amplitude de 4 cm. Os participantes adultos permaneceram em pé distantes 50 cm da tela (medindo 2,0 m de altura e 2,5 m largura) na qual os pontos eram projetados e a distância entre os participantes e a tela foi virtualmente manipulada criando a ilusão de que os participantes estavam posicionados a diferentes distâncias (25, 50, 100 e 200 cm) da tela.

Os resultados revelaram que, com o aumento da distância, a estabilidade temporal diminuiu, o atraso temporal entre o estímulo visual e a resposta postural aumentou e a razão de expansão da informação visual projetada na retina diminuiu, confirmando três previsões do modelo. Entretanto, apesar da diminuição da força deste acoplamento com o aumento da distância, a oscilação corporal induzida pelo movimento da sala virtual não diminuiu com o aumento da distância, contrariando uma das previsões do modelo proposto por Schöner (1991). Com base nestes resultados, Dijkstra, Schöner e Gielen (1994) sugeriram que o funcionamento do controle postural não é passivamente dirigido pela expansão da imagem na retina mas, ao contrário, é ativa e dinamicamente gerado pelo sistema de controle postural, que alteraria os parâmetros de seu funcionamento frente às alterações do estímulo projetado na retina.

Além do paradigma da sala móvel, outro paradigma, denominado de paradigma da 'sala móvel' somatossensorial, tem sido utilizado na tentativa de entender o relacionamento entre informação sensorial e ação motora. Este paradigma teve origem nos estudos de Jeka e Lackner (1994; 1995) em que estes autores foram capazes de separar o suporte mecânico, proporcionado pelo contato com uma superfície rígida, das informações somatossensoriais proporcionadas por tal contato. Este paradigma consiste de uma barra de toque estacionária na qual os indivíduos tocam com o dedo indicador durante a manutenção da postura ereta. O toque é realizado em duas condições distintas: uma em que a força aplicada não pode exceder 1 Newton e outra em que não há limite para aplicação de força. Os resultados revelaram uma

redução tanto nas oscilações corporais (JEKA; LACKNER, 1994, 1995) quanto nas atividades eletromiográficas dos músculos envolvidos na manutenção da postura (JEKA; LACKNER, 1995) nas condições em que o toque é realizado em comparação com as condições em que ele não é realizado.

Posteriormente, o deslocamento da barra de toque foi acrescentado a este paradigma, originando o paradigma da 'sala móvel' somatossensorial. Neste paradigma, assim como no paradigma da sala móvel, a orientação postural e o equilíbrio postural são influenciados, mas agora em virtude do deslocamento da barra de toque, que cria a ilusão de oscilação corporal. Assim, quando a barra se aproxima do indivíduo, este tem a impressão de que ele oscilou em direção à barra, o que o faz realizar contrações musculares adequadas e se deslocar em direção contrária à barra. Da mesma forma, quando a barra se afasta, o indivíduo tem a impressão de que foi ele que se afastou da barra e, através de contrações musculares adequadas, ele desloca seu corpo em direção à barra.

Vários estudos (BARELA, 1997; BARELA; JEKA; CLARK, 2003; JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJKSTRA; HENSON, 1998; JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997) têm utilizado este paradigma também com o objetivo de entender a dinâmica da relação entre informação sensorial e ação motora a partir do modelo matemático proposto por Schöner (1991). De maneira geral, estes estudos revelaram que o movimento da barra induz oscilações corporais correspondentes a este movimento tanto em crianças (BARELA, 1997; BARELA; JEKA; CLARK, 2003) quanto em adultos (JEKA;

OIE; SCHÖNER; DIJKSTRA; HENSON, 1998; JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997).

Com base nas mesmas premissas do modelo proposto por Schöner (1991), o desenvolvimento do acoplamento entre percepção e ação tem sido verificado em bebês (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003), crianças (BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; JEKA; CLARK, 2003), adultos (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004) e idosos (POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001).

Estes estudos utilizaram salas móveis (visual ou somatossensorial) controladas precisamente por sistemas de servo-mecanismo, possibilitando uma análise cuidadosa do relacionamento entre informação sensorial e oscilação corporal. Barela, Jeka e Clark (2003), por exemplo, realizaram um estudo em que crianças de 4, 6 e 8 anos de idade e adultos permaneceram em pé com os olhos fechados, enquanto tocavam levemente (força inferior a 1,0 N) uma barra. Esta barra foi movimentada na direção médio-lateral em três frequências distintas (0,2 Hz, 0,5 Hz e 0,8 Hz) e com a velocidade de pico sendo mantida constante em 0,33 cm/s, já que o sistema de controle postural é sensível à velocidade do estímulo somatossensorial (JEKA; SCHÖNER; DIJKSTRA; RIBEIRO; LACKNER, 1997). Os resultados revelaram que o movimento da barra induziu oscilações corporais correspondentes em todos os grupos, indicando que mesmo crianças de 4 anos de idade também já apresentam um acoplamento entre informação

somatosensorial, proveniente do toque suave em uma superfície, e oscilação corporal durante a manutenção da postura ereta.

Os estudos envolvendo o paradigma da sala móvel visual também manipularam a frequência de movimentação da sala (0,2 Hz e 0,5 Hz) e mantiveram a velocidade de pico constante, já que Dijkstra, Schöner, Giese e Gielen (1994) sugeriram que o sistema de controle postural é sensível à velocidade do estímulo visual. Da mesma forma como observado nos estudos envolvendo o paradigma da 'sala móvel' somatossensorial, os resultados revelaram que os participantes, sejam eles bebês (BARELA; FREITAS JÚNIOR; GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2000; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003), crianças (BARELA; GODOI; FREITAS JÚNIOR; POLASTRI, 2001; BARELA; JEKA; CLARK, 2003), adultos ou idosos (POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001), oscilam em frequências próximas à frequência de movimentação da sala.

Barela, Jeka e Clark (2003) observaram ainda que, embora o movimento da barra tenha induzido oscilações corporais correspondentes tanto nas crianças quanto nos adultos, as crianças apresentaram uma maior variabilidade no acoplamento entre informação sensorial e oscilação corporal quando comparadas aos adultos. Os autores atribuíram esta maior variabilidade observada nas crianças a duas fontes de ruído. A primeira fonte seria decorrente do ruído inerente aos comandos enviados à musculatura periférica e a segunda fonte residiria na dificuldade das crianças em estimar o estado interno (posição e velocidade) da posição corporal. Assim, para estes

autores, a maior variabilidade no acoplamento entre informação sensorial e ação motora observada em crianças pode ser decorrente de dificuldades em organizar a importância das informações sensoriais de diferentes origens de modo a gerar uma estimativa interna de orientação corporal precisa (BARELA; JEKA; CLARK, 2003).

Embora alguns estudos sobre o uso da informação de modo prospectivo (ASSAIANTE; WOOLLACOTT; AMBLARD, 2000; HAY; REDON, 2001; LEDEBT; BRIL; BRENIÈRE, 1998; SCHMITZ; MARTIN; ASSAIANTE, 1999; 2002; VAN DER HEIDE; OTTEN; VAN EYKERN; HADDERS-ALGRA, 2003; WITHERINGTON; VON HOFSTEN; ROSANDER; ROBINETTE; WOOLLACOTT; BERTENTHAL, 2002) tenham possibilitado entender alguns aspectos do desenvolvimento do controle postural em crianças, algumas dúvidas e questões permanecem e necessitam ser respondidas. Na verdade, o entendimento destas questões também se faz necessário em adultos.

De maneira geral, os estudos sobre controle postural discutidos anteriormente (por exemplo, DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994; DIJKSTRA; SCHÖNER; GIESE; GIELEN, 1994) observaram que o sistema de controle postural dos adultos jovens tem sua dinâmica intrínseca alterada em função de variações no parâmetro de velocidade do estímulo visual e, ainda, que ele altera os parâmetros de seu funcionamento a fim de minimizar possíveis alterações das informações presentes no ambiente. Estes resultados foram discutidos com maiores detalhes por Schöner, Dijkstra e Jeka (1998) pormenorizando os processos adaptativos verificados no funcionamento do sistema de controle postural de adultos. Entretanto, ainda há muito por ser

respondido, como por exemplo, como as informações provenientes de diversas fontes de informação sensorial são utilizadas pelo indivíduo. Ainda, como o sistema de controle postural integra adequadamente todas estas informações, principalmente nas situações em que as mudanças em um dado canal sensorial não são acompanhadas por mudanças em outro canal sensorial (OIE; KIEMEL; JEKA, 2001, 2002).

2.4. ADAPTAÇÃO E CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO

Infelizmente os processos adaptativos não estão esclarecidos em adultos e a situação é ainda pior no que se refere ao entendimento dos mesmos em uma perspectiva desenvolvimental. Há algumas indicações de adaptação em crianças quando o paradigma da sala móvel visual foi utilizado para investigar as respostas posturais de crianças com idades entre 3 e 6 anos frente à informação visual (SCHMUCKLER, 1997). Neste estudo, em um experimento, a sala móvel foi manualmente movimentada para frente e para trás nas frequências de 0,2 Hz, 0,4 Hz, 0,6 Hz e 0,8 Hz, e com uma amplitude aproximadamente constante entre 10 e 12 cm. Foram realizadas 10 tentativas com 15 segundos de duração, divididas em dois blocos. Em cada bloco foram realizadas 5 tentativas, uma em cada frequência de movimentação da sala e uma sem movimentação da sala. Os resultados indicaram que as crianças foram influenciadas pelos movimentos da sala em todas as frequências já que elas oscilaram em frequências próximas às frequências em que a sala foi movimentada. Mais interessante, no entanto, foi a constatação de uma redução

nos valores de amplitude média de oscilação do primeiro bloco de tentativas para o segundo o que, segundo o autor, sugere algum tipo de adaptação postural decorrente da exposição prolongada à situação da sala móvel.

Num segundo experimento, Schmuckler (1997) examinou a capacidade das crianças em modular suas respostas posturais frente a diferentes estímulos visuais. Para isto, a sala foi movimentada em duas frequências diferentes em uma mesma tentativa. As tentativas tinham 20 segundos de duração sendo os 10 segundos iniciais em uma frequência e os próximos 10 segundos em outra frequência. Os resultados revelaram que a frequência de oscilação das crianças variou em função da frequência de movimentação da sala (SCHMUCKLER, 1997). Assim, as crianças foram capazes de alterar os parâmetros de funcionamento do sistema de controle postural de modo a gerar oscilações em frequências próximas à frequência do estímulo, mesmo quando esta frequência foi alterada no meio da tentativa.

Estes resultados são interessantes, pois revelam que as crianças apresentam capacidade de adaptação ao estímulo sensorial disponibilizado. É necessário ressaltar, no entanto, que os parâmetros de amplitude e velocidade do estímulo visual utilizados nestes estudos são altos em comparação com os parâmetros utilizados atualmente, o que poderia levar o sistema de controle postural a atuar em regimes diferentes. Isto porque o sistema de controle postural pode utilizar modos de controle diferentes dependendo se o estímulo móvel é percebido como movimento do próprio indivíduo ou como movimento do objeto (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004; SCHÖNER; DIJKSTRA; JEKA, 1998). Quando, por exemplo, o estímulo visual é movimentado em altas

velocidades e amplitudes ele induz oscilações corporais correspondentes nos participantes o que possibilita que estas mudanças no fluxo ótico sejam discriminadas pelos participantes como movimentos externos ao corpo (movimento do objeto). Por esse motivo, a dúvida quanto à presença de processos adaptativos e os mecanismos adjacentes aos possíveis processos adaptativos em crianças permanecem sem resposta e ainda a intrigar muitos estudiosos da área.

Diante dos resultados observados anteriormente, em que mudanças desenvolvimentais foram observadas, tanto comportamentalmente como funcionalmente, algumas questões emergem e/ou permanecem. Ainda não está claro se as diferenças observadas no controle postural de crianças e adultos são decorrentes de diferenças no acoplamento entre informação sensorial e ação motora. Ou ainda, se as crianças também apresentam os comportamentos adaptativos no acoplamento entre informação visual e ação motora observados em adultos.

Na tentativa de responder estas questões, Godoi (2004) realizou um estudo em que participantes de 4, 6, 8, 10, 12 e 14 anos e adultos jovens permaneceram em pé dentro de uma sala móvel que foi movimentada continuamente para frente e para trás nas frequências de 0,1, 0,2, 0,5 e 0,8 Hz, com amplitudes de 2, 1, 0,4 e 0,25 cm, respectivamente, e com velocidade de pico de 0,6 cm/s. Cada participante realizou 17 tentativas de 60 segundos cada. Na primeira tentativa os participantes permaneceram a 100 cm da parede frontal da sala e a sala não foi movimentada. Após esta tentativa, os

participantes permaneceram a 25, 50, 100 e 150 cm da parede frontal da sala e a sala foi movimentada nas quatro frequências descritas.

Os resultados revelaram que as crianças mais jovens oscilaram mais que os demais participantes tanto na condição em que a sala não foi movimentada como na condição em que ela foi movimentada. Ainda, da mesma forma como observado em estudos anteriores, o movimento da sala induziu oscilações corporais correspondentes em todos os participantes. Entretanto, embora o movimento da sala tenha induzido oscilações em todos os participantes, o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal tornou-se mais forte e estável e a influência do movimento da sala sobre as oscilações corporais tornou-se mais fraca com o aumento da idade. Contudo, o resultado mais interessante talvez tenha sido que, para as crianças de até 10 anos de idade, o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal tornou-se mais fraco e menos estável e a influência dos movimentos da sala sobre as oscilações corporais tornou-se mais fraca à medida que a distância entre os participantes e a parede frontal da sala aumentou. Dos 12 anos de idade em diante, nenhuma diferença foi observada no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal entre as distâncias em que os participantes ficaram da parede frontal (GODOI, 2004; GODOI, BARELA, 2008).

As razões para estas diferenças observadas entre os participantes mais jovens e os participantes de 12 e 14 anos e adultos jovens ainda não são conhecidas. A partir de uma perspectiva fisiológica, poderia ser sugerido que o sistema visual ainda não está totalmente desenvolvido. Na realidade, não está claro quando, após o nascimento, o sistema visual estaria

fisiologicamente pronto. Embora esteja comprovado que o corpo geniculado lateral se desenvolve no primeiro ano de vida, que a mielinização das vias visuais está completa por volta dos dois anos de vida, e que a retina está desenvolvida aproximadamente aos quatro anos de vida, sabe-se que o córtex visual desenvolve-se morfológicamente até a idade de 11 anos e metabolicamente até a idade de 18 anos (BRECELJ, 2003).

Especificamente, a densidade sináptica alcança os níveis dos adultos por volta dos 11 anos (GAREY; de COURTEN, 1983; HUTTENLOCHER, de COURTEN; GAREY; van der LOOS, 1982), e a razão de utilização de glicose alcança os valores de adultos entre 16 e 18 anos (CHUGANI, 1998). Ainda, até os oito anos de idade as crianças têm demonstrado elevados limiares de potenciais visualmente evocados quando comparadas a adultos e participantes de 11 anos (GORDON; McCULLOCK, 1999). Baseado nestes estudos, a imaturidade do sistema visual poderia explicar parcialmente os resultados obtidos por Godoi (2004). Considerando que as características do estímulo se alteram a medida que a distância entre o participante e a parede frontal aumenta, as exigências do sistema visual também seriam alteradas, requerendo um funcionamento mais minucioso deste sistema. Por esta razão, crianças com um sistema visual imaturo poderiam ter dificuldades para se adaptar a estas mudanças do estímulo visual, proveniente das paredes da sala móvel e, assim, apresentariam um acoplamento mais fraco entre o estímulo sensorial e oscilação corporal com o distanciamento da parede frontal da sala móvel.

Além desta explicação fisiológica, parece que as crianças mais jovens não são capazes de se adaptar às diferenças na razão de expansão das imagens do ambiente que são projetadas na retina como resultado da manipulação da distância entre os participantes e a parede frontal da sala. Após esta idade, os participantes parecem dinamicamente se adaptar às mudanças na imagem projetada na retina, como sugerido por Dijkstra, Schöner e Gielen (1994). De acordo com estes autores, o sistema visual parece ajustar seus parâmetros de modo a compensar as alterações na qualidade do estímulo visual, o que não acontece com crianças até os 10 anos de idade (GODOI, 2004), resultando na diminuição do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal e da influência dos movimentos da sala sobre a oscilação corporal.

Outra possível explicação para as diferenças observadas entre crianças e adultos jovens poderia estar relacionada ao movimento dos olhos. Há consenso na literatura de que a percepção de movimento é obtida essencialmente de duas formas: pelo movimento da imagem na retina e pelos movimentos dos olhos. Assim, durante a fixação de um objeto, a percepção de movimento é obtida a partir do movimento da imagem na retina, e, durante a perseguição de um objeto, a imagem retinal do objeto perseguido é relativamente estacionária e, portanto, a percepção de movimento é obtida pelo movimento dos olhos (EHRENSTEIN, 2003).

É importante ressaltar, no entanto, que o deslocamento da imagem de um objeto sobre a retina não é suficiente para especificar que o objeto está em movimento já que o deslocamento pode ser tanto em virtude do

movimento dos olhos do observador quanto em virtude do movimento do objeto. Por esse motivo, ainda não está claro qual dica visual é utilizada para a estabilização da postura. Atualmente, duas teorias têm sido propostas na tentativa de explicar como é possível distinguir os movimentos do próprio observador dos movimentos do ambiente. Uma teoria sugere que o *feedback* dos músculos que controlam os movimentos dos olhos é monitorado pelo cérebro e a mudança decorrente dos movimentos dos olhos é subtraída da mudança na localização da imagem na retina. Já a segunda teoria sugere que o sinal motor enviado aos olhos é monitorado e uma cópia deste sinal (*efference copy*) é utilizada para cancelar o movimento da imagem na retina (EHRENSTEIN, 2003).

Estudos recentes têm encontrado algumas evidências em favor da segunda teoria (JAHN; STRUPP; KRAFCZYK; SCHÜLER; GLASAUER; BRANDT, 2002; STRUPP, GLASAUER; JAHN; SCHNEIDER; KRAFCZYK; BRANDT, 2003; GLASAUER; SCHNEIDER; JAHN; STRUPP; BRANDT, 2005). De maneira geral, tem sido observada uma alta correlação entre os movimentos dos olhos e as oscilações corporais e, mais do que isso, não tem sido observada redução das oscilações corporais nas situações com alto deslizamento retinal.

Dessa maneira, parece necessário questionar se a maior oscilação observada em crianças não seria decorrente de maior quantidade de movimento dos olhos. Ainda, se estes movimentos não aumentariam com o aumento da distância entre o observador e o estímulo visual. Embora não existam muitos estudos na literatura que tenham mensurado os movimentos

dos olhos em crianças, existem algumas evidências sugerindo mudanças desenvolvimentais nos movimentos dos olhos. Riach e Starkes (1989), por exemplo, realizaram um estudo com participantes entre 5 e 12 anos de idade e observaram que as crianças mais jovens apresentaram maiores oscilações corporais e maior frequência de movimentos sacádicos, o que reduziu com o aumento da idade (RIACH; STARKES, 1989).

Finalmente, pode ser sugerido que as diferenças observadas entre as crianças jovens e os participantes de 12 e 14 anos e adultos jovens são decorrentes de diferenças na sensibilidade ao fluxo central e ao fluxo periférico. Vários estudos têm demonstrado a importância da estrutura do fluxo ótico como determinante da sua utilidade como fonte de informação para o controle postural (p.ex., STOFFREGEN, 1985).

No estudo de Godoi (2004) a estrutura do fluxo ótico não é idêntica em todas as distâncias manipuladas. Nas distâncias curtas o fluxo central foi praticamente o único disponível ao participante. Considerando um campo visual de aproximadamente 200 graus (WILLIAMS; DAVIDS; WILLIAMS, 1999), quando os participantes permaneceram em pé a 25 e 50 cm da parede frontal, a visibilidade horizontal de cada parede lateral era de aproximadamente 23,4 (ambos os lados: 46,8) e 35,5 (ambos os lados: 71) graus, respectivamente, e a visibilidade horizontal da parede frontal era de aproximadamente 153,2 e 129,1 graus, respectivamente. Na distância intermediária, os fluxos central e periférico estavam igualmente disponíveis aos participantes. Quando os participantes permaneceram em pé a 100 cm, a visibilidade horizontal de cada parede lateral era de aproximadamente 53,6

(ambos os lados: 107,2) graus e a visibilidade horizontal da parede frontal era de aproximadamente 92,8 graus. Por outro lado, na distância maior, o fluxo periférico esteve mais disponível que o fluxo central. Quando os participantes permaneceram em pé a 150 cm, a visibilidade horizontal de cada parede lateral era de aproximadamente 65,0 (ambos os lados: 130,0) graus, e a visibilidade horizontal da parede frontal era de aproximadamente 70,00 graus.

Dessa forma, como alguns estudos têm observado diferentes sensibilidades à estrutura do fluxo central e do fluxo periférico em bebês (BERTENTHAL; BAI, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996) e crianças entre 1 e 5 anos de idade (STOFFREGEN; SCHMUCKLER; GIBSON, 1987), esta sensibilidade à estrutura do fluxo ótico parece ser uma possível explicação para os resultados obtidos por Godoi (2004). E, neste caso, os mecanismos básicos destas mudanças relacionadas a idade ainda precisam ser investigados.

Como pôde ser observado, embora os estudos citados tenham contribuído para um melhor entendimento de alguns aspectos relacionados ao controle postural, várias dúvidas ainda permanecem e necessitam ser esclarecidas. Não está claro, por exemplo, o que acontece na primeira década de vida que possibilita às crianças um comportamento semelhante ao observado em adultos jovens. Ainda, é pertinente questionar o que torna a informação visual 'suficiente' para que crianças e adultos jovens a utilizem de maneira semelhante. Em outras palavras, será que a manipulação das características do estímulo visual poderia atenuar ou eliminar estas diferenças.

Na tentativa de responder estas questões o presente estudo investigou a utilização da informação visual por crianças e adultos jovens diante de alterações das características do estímulo visual durante a manutenção da posição em pé. Para isto foram realizados dois estudos que serão apresentados a seguir, em capítulos separados.

CAPÍTULO 3.

ESTRUTURA DO FLUXO ÓTICO E ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO VISUAL E OSCILAÇÃO CORPORAL EM CRIANÇAS

RESUMO

A influência da estrutura do fluxo ótico no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi investigada em crianças de 4, 8 e 12 anos e adultos jovens. Os participantes permaneceram em pé, dentro de uma sala móvel, em diferentes distâncias da parede frontal, e em três condições: fluxo global, frontal, e lateral. Ganho, fase, variabilidade de posição e velocidade, amplitude de oscilação na frequência do estímulo e amplitude média de oscilação foram as variáveis utilizadas para verificar a influência do estímulo visual na oscilação corporal dos participantes. Os resultados indicaram que a influência da distância e da estrutura do fluxo ótico no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da idade e a influência da estrutura do fluxo ótico no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da distância. Com base nestes resultados, é possível sugerir que diferenças desenvolvimentais no relacionamento entre informação visual e oscilação corporal estão relacionadas ao modo como as crianças utilizam a informação ótica em diferentes estruturas do fluxo ótico.

Palavras-Chave: fluxo ótico, desenvolvimento, controle postural.

3.1. INTRODUÇÃO

As inúmeras alterações observadas no sistema de controle postural ao longo do ciclo desenvolvimental (p.ex., FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987; TAGUCHI; TADA, 1988; USUI; MAEKAWA; HIRASAWA, 1995; WOLFF; ROSE; JONES; BLOCH; OEHLERT; GAMBLE, 1998) recentemente têm sido atribuídas às alterações no acoplamento entre percepção e ação (BARELA; JEKA; CLARK, 2003).

Na tentativa de entender a dinâmica da relação entre informação sensorial e ação motora ao longo dos anos alguns estudos foram realizados com crianças (BARELA, 1997; BARELA; JEKA; CLARK, 2003; METACALFE; CHEN; CHANG; MCDOWELL; JEKA; CLARK, 2005), adultos (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004; JEKA; OIE; SCHÖNER; DIJSKTRA; HENSON, 1998) e idosos (POLASTRI; BARELA; BARELA, 2001; PRIOLI; FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2005). De maneira geral, os estudos têm mostrado que os participantes sejam crianças, adultos ou idosos, são influenciados pela manipulação da informação sensorial. Porém, a força deste acoplamento entre informação sensorial e oscilação corporal é diferente em crianças, adultos e idosos. Parece, portanto, que a sugestão de que as alterações observadas no sistema de controle postural ao longo dos anos são decorrentes de alterações no acoplamento entre percepção e ação (BARELA; JEKA; CLARK, 2003) é pertinente.

Apesar da pertinência da sugestão, diversos fatores ainda precisam ser esclarecidos e, principalmente, os mecanismos que estariam relacionados com as mudanças desenvolvimentais necessitam ser entendidos. Desta forma, diversos estudos foram realizados (GODOI, 2004; GODOI; BARELA, 2008; POLASTRI, 2007; POLASTRI; BONFIM; BARELA, 2005) na tentativa de entender mais detalhadamente alguns aspectos deste acoplamento.

Um dos objetivos de Godoi (2004), por exemplo, foi investigar se as crianças também apresentam comportamentos adaptativos no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal observados em adultos (OIE; KIEMEL; JEKA, 2001, 2002). Os resultados revelaram que, em crianças de 4, 6, 8 e 10 anos, o acoplamento tornou-se mais fraco e menos estável e a influência dos movimentos da sala sobre as oscilações corporais tornou-se mais fraca a medida que a distância entre os participantes e a parede frontal da sala aumentou. Por outro lado, em participantes de 12 e 14 anos e adultos jovens, nenhuma diferença foi observada no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal entre as distâncias em que os participantes ficaram da parede frontal (GODOI, 2004). Baseado nestes resultados foi sugerido que o desenvolvimento do sistema de controle postural parece depender de como as crianças captam os muitos estímulos sensoriais disponíveis no ambiente e organizam a contribuição das várias fontes de informação sensorial a fim de controlar a oscilação corporal, o que parece ser alcançado somente no final da primeira década da vida (GODOI; BARELA, 2008).

Em outro estudo, Polastri, Bonfim e Barela (2005) verificaram que crianças de 8 anos de idade diminuíram a influência do estímulo visual proveniente dos movimentos de uma sala móvel sobre as oscilações corporais quando tocaram o dedo suavemente sobre uma barra estacionária. Nesta situação, a informação somatossensorial adicional que foi fornecida (toque sobre a barra estacionária) reduziu a forte influência da informação visual sobre a oscilação corporal. Entretanto, quando comparadas aos adultos nesta mesma situação (BONFIM; POLASTRI; BARELA, 2006), as crianças continuam apresentando acoplamentos mais fortes entre informação visual e oscilação corporal (POLASTRI; BONFIM; BARELA, 2005). Os autores sugeriram que, nas situações de toque suave, as crianças não conseguiram ignorar as informações visuais disponíveis e utilizar adequadamente a informação somatossensorial obtendo estimativas mais precisas sobre a posição corporal provenientes deste estímulo.

No estudo de Polastri (2007), as respostas posturais de crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens foram investigadas frente às alterações abruptas na amplitude do estímulo visual. Os participantes foram posicionados dentro da sala móvel e submetidos a duas amplitudes do estímulo visual (0,5 e 3,2 cm). Os resultados demonstraram que crianças de 4 anos de idade apresentam a capacidade de rapidamente diminuir a influência do estímulo visual. Contudo, tanto as crianças de 4 anos quanto as de 8 anos apresentaram acoplamentos mais fortes e mais variáveis entre informação visual e oscilação corporal, indicando que o sistema de controle postural não demonstra funcionamento adaptativo tão bem desenvolvido quanto em

crianças de 12 anos e adultos jovens. Considerando estes resultados, a autora afirmou que, embora as crianças tão jovens quanto 4 anos apresentem a capacidade de adaptativamente definir a importância das informações sensoriais frente às mudanças no ambiente, as mesmas parecem não ser totalmente calibradas ao nível dos adultos uma vez que elas não conseguiram reduzir a influência do estímulo visual, tanto quanto os adultos, na tentativa de alta amplitude/velocidade. Somente a partir dos 12 anos, as crianças foram capazes de seletivamente reduzir a utilização da informação visual, na mesma magnitude observada para os adultos (POLASTRI, 2007).

A partir dos estudos apresentados, é possível afirmar que as crianças respondem adaptativamente às constantes mudanças nas informações sensoriais, diminuindo a utilização de informações imprecisas. Entretanto, como sugerido por Polastri (2007), as respostas mais eficientes parecem ser decorrentes de mudanças nos processos adaptativos que norteiam o funcionamento do sistema de controle postural. No entanto, os motivos pelos quais até os 10 anos de idade as crianças não apresentam estes processos adaptativos tão bem desenvolvidos quanto pessoas maiores que 12 anos de idade são desconhecidos.

Uma das sugestões de Godoi e Barela (2008) para explicar as diferenças observadas entre crianças mais jovens e adultos foi que elas poderiam ser decorrentes de diferenças na sensibilidade ao fluxo ótico central e periférico. De acordo com Gibson (1979), um ambiente luminoso com estrutura, ou seja, com um padrão, uma textura, ou uma configuração, caracteriza um arranjo ótico. Dessa forma, a configuração dos objetos no ambiente em relação

a um ponto de observação é definida como arranjo ótico e, este arranjo ótico em transformação, seja pela movimentação dos objetos do ambiente seja pela movimentação do ponto de observação, é definido como fluxo ótico (GIBSON, 1979).

Neste sentido, quando uma atividade motora ou movimento é realizado com os olhos abertos em um ambiente com luz, um arranjo ótico estará disponível e, se o ambiente ou o observador estiver em movimento, observa-se o fluxo ótico. Dessa forma, quando a informação visual é manipulada nos estudos citados anteriormente, no caso da sala móvel, observa-se um fluxo ótico. Nas situações em que a sala móvel é utilizada, a estrutura do fluxo ótico tem sido dividida em fluxo central (quando apenas a parede frontal da sala é movimentada), fluxo periférico (quando apenas as paredes laterais da sala são movimentadas) e fluxo global (quando a parede frontal e as paredes laterais da sala são movimentadas) e vários estudos têm demonstrado a importância desta estrutura do fluxo para o controle da postura (p.ex., STOFFREGEN, 1985).

As alterações na sensibilidade às estruturas do fluxo ótico têm sido investigadas em bebês (BERTENTHAL; BAI, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996), crianças entre 1 e 5 anos de idade (BERTENTHAL; BAI, 1989; STOFFREGEN; SCHMUCKLER; GIBSON, 1987) e adultos (STOFFREGEN, 1985, 1986). De forma geral, estes estudos revelaram diferenças desenvolvimentais quanto à sensibilidade à estrutura do fluxo ótico.

Bertenthal e Bai (1989), por exemplo, observaram que bebês de 5 meses de idade não foram influenciados por nenhuma estrutura do fluxo ótico

(central, periférico ou global), bebês de 7 meses de idade foram influenciados apenas pelo fluxo global e, bebês de 9 meses de idade foram influenciados tanto pelo fluxo global quanto pelo fluxo central. Higgins e colaboradores (1996) encontraram os mesmos resultados que Bertenthal e Bai (1989) em bebês de 7 meses de idade. Porém, em bebês de 8 e 9 meses de idade, observaram que eles foram influenciados tanto pelo fluxo global, como também observado por Bertenthal e Bai (1989), quanto pelo fluxo periférico, o que diverge do encontrado por Bertenthal e Bai (1989).

Em crianças de até 2 anos, os estudos também apresentam algumas divergências. Enquanto Stoffregen, Schmuckler e Gibson (1987) observaram que crianças entre 10 meses e 2 anos de idade foram influenciadas por todas as estruturas de fluxo (central, periférico e global), Bertenthal e Bai (1989) observaram que crianças entre 12 e 14 meses de idade foram mais influenciadas pelo fluxo global e pelo fluxo periférico do que pelo fluxo central. Resultados semelhantes foram observados em adultos (STOFFREGEN, 1985, 1986).

Considerando os estudos citados acima, parece razoável sugerir que as diferenças observadas entre crianças e adultos jovens, principalmente no estudo de Godoi (2004), no qual a estrutura do fluxo ótico não foi idêntica em cada distância, podem ser decorrentes de diferenças na sensibilidade à estrutura do fluxo ótico. Esta sugestão faz ainda mais sentido se forem considerados os estudos que investigaram visão central e visão periférica em crianças (NOUGIER; BARD; FLEURY; TEASDALE, 1998) e adultos (BERENCSI; ISHIHARA; IMANAKA, 2005; HABAK; CASANOVA; FAUBERT,

2002; KAWAKITA; KUNO; MIYAKE; WATANABE, 2000; NOUGIER; BARD; FLEURY; TEASDALE, 1997).

No estudo de Nougier e colegas (1998), crianças de 6, 8 e 10 anos de idade permaneceram sobre uma plataforma de força olhando para um alvo estacionário posicionado a 1,75 metros de distância. Foram realizadas três condições visuais: visão completa, visão central (visão disponível apenas dentro de 10° da fóvea) e visão periférica (visão disponível somente ao redor de 20° da fóvea). Os resultados revelaram que as crianças de 6 e 10 anos de idade apresentam uma menor velocidade do centro de pressão na condição de visão completa que nas demais condições, que não foram diferentes entre si, e uma maior velocidade do centro de pressão na condição com os olhos fechados que nas demais condições. Já as crianças de 8 anos de idade também apresentaram uma maior velocidade do centro de pressão na condição com os olhos fechados que nas demais condições mas, diferentemente do observado nos outros grupos, não apresentaram diferença na velocidade do centro de pressão observada na condição de visão completa e de visão central, e apresentaram uma menor velocidade do centro de pressão na condição central que nas condições de visão periférica e olhos fechados.

Em adultos, Nougier e colegas (1997) observaram que a excursão do centro de pressão foi menor na condição de visão completa que nas condições de visão central e periférica, que não diferiram entre si, e que a excursão do centro de pressão foi maior na condição com os olhos fechados que nas outras condições. Estes resultados confirmam os resultados de Habak,

Casanova e Faubert (2002), em que o limiar de coerência foi similar nas condições de visão central e visão periférica, e mais baixo na condição de visão completa. Diferentemente do encontrado por Nougier e colaboradores (1997) e Habak e colegas (2002), Berensci e colegas (2005) observaram que tanto a área quanto o deslocamento máximo do centro de pressão foram maiores nas condições de visão central que nas condições de visão periférica e visão completa.

Estas diferenças observadas nos estudos citados acima quanto à utilização de visão central e/ou visão periférica em crianças entre 6 e 10 anos e adultos pode resultar em diferentes sensibilidades à estrutura do fluxo central e/ou periférico nestes grupos, como já observado em bebês e crianças mais jovens (p.ex., BERTENTHAL; BAI, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996). Mais ainda, esta possível diferença poderia explicar as diferenças entre crianças mais novas e crianças mais velhas e adultos quando a distância entre o observador e a parede frontal da sala foi manipulada (GODOI, 2004; GODOI, BARELA, 2008).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi investigar a influência da estrutura do fluxo ótico no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens. Especificamente, este estudo buscou: 1) comparar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens durante a manutenção da posição em pé, em três distâncias da parede frontal, na condição de fluxo central; 2) comparar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e

adultos jovens durante a manutenção da posição em pé, em três distâncias da parede frontal, na condição de fluxo periférico; e 3) comparar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens durante a manutenção da posição em pé, em três distâncias da parede frontal, na condição de fluxo global.

As hipóteses foram que o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal: (1) de crianças de 4 e 8 anos seria influenciado pela estrutura do fluxo ótico; (2) dos participantes de 12 anos e adultos jovens não seria influenciado pela estrutura do fluxo; (3) de crianças de 4 e 8 anos reduziria com o aumento da distância entre o participante e a parede frontal da sala; e (4) dos participantes de 12 anos e adultos jovens não seria influenciado pela distância entre o participante e a parede frontal da sala.

3.2. MATERIAL E MÉTODO

3.2.1. Participantes

Participaram deste estudo 30 crianças, que foram divididas em 3 grupos com idades de 4 (idade média= $4,28 \pm 0,30$), 8 (idade média= $8,59 \pm 0,24$) e 12 anos (idade média= $12,27 \pm 0,16$), e 10 adultos jovens (idade média= $22,72 \pm 1,95$). As crianças foram recrutadas em escolas e por meio de contatos com amigos e colegas de trabalho da comunidade de Rio Claro. O grupo de adultos jovens foi constituído por alunos de graduação e pós-graduação do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro.

Todos os participantes compareceram ao Laboratório para Estudos do Movimento (LEM), Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP – Campus de Rio Claro e, no caso das crianças, foram acompanhados dos pais ou responsáveis. Neste local os participantes, e/ou responsáveis, foram informados acerca dos procedimentos experimentais aos quais seriam submetidos e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICES A e B), devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências – UNESP – Campus de Rio Claro (ANEXO A).

3.2.2. Procedimentos

Após um período de adaptação ao ambiente do LEM, os participantes foram convidados a iniciar os procedimentos experimentais. Dessa forma, eles foram instruídos a permanecer em pé dentro de uma sala móvel, com os braços posicionados ao lado do corpo.

A sala móvel é constituída de uma armação de ferro em formato cúbico, revestida por madeira na parte posterior, nas laterais e no teto, com dimensões de 2,1 x 2,1 x 2,1 m (altura, largura e comprimento). Esta sala possui rodas de *nylon* em sua parte inferior que são posicionadas sobre trilhos de ferro possibilitando movimentos para frente e para trás, independente da superfície onde o participante está posicionado. As paredes internas da sala são pintadas de branco com faixas pintadas em preto formando listras verticais com aproximadamente 22 cm de largura e distantes entre si aproximadamente 42 cm, o que propicia maior contraste no ambiente.

Na parte superior da sala (teto), aproximadamente no centro, está afixada uma lâmpada fluorescente compacta de 20 Watts que permaneceu acesa durante todo o experimento, garantindo assim o mesmo nível de iluminação dentro da sala móvel entre as tentativas e entre os participantes.

O movimento da sala foi produzido e controlado por um sistema de servo-mecanismo. Este sistema é composto por um controlador (Compumotor – Mod. APEX 6151), um servo-motor (Compumotor – Mod. N0992GR0NMSN) e um cilindro de um eixo (Mod. EC3-X3xxn-10004A-MS1-MT1M) que conecta a estrutura da sala móvel ao motor. Todo este sistema é controlado por programas específicos para este fim (Compumotor – Motion Architect for Windows).

Por meio deste sistema de servo-mecanismo, a sala móvel foi movimentada continuamente para frente e para trás na frequência de 0,2 Hz, com amplitude de 0,5 cm, e com velocidade de pico mantida constante em 0,6 cm/s. A sala foi movimentada em movimento sinusoidal durante 60 segundos, que correspondeu à duração de cada tentativa.

Um emissor de raios infravermelhos do sistema de análise de movimento (OPTOTRAK 3020 – Northern Digital Inc.) foi afixado no tronco (altura da 8^a vértebra torácica, entre as escápulas) dos participantes para registro tridimensional das oscilações corporais dos participantes. Um outro emissor do sistema OPTOTRAK foi afixado na parte anterior da sala móvel para registro de seus movimentos. Para aquisição das informações referentes aos emissores posicionados no participante e na sala móvel, a unidade do OPTOTRAK com as câmeras foi posicionada a 3 m da frente da sala móvel e a

freqüência de aquisição dos dados foi de 100 Hz. Os emissores forneceram informação sobre, respectivamente, a oscilação corporal dos participantes e o movimento da sala móvel, nas direções ântero-posterior e médio-lateral.

Foram realizadas três condições experimentais, uma em que o fluxo ótico global (fluxo central e fluxo periférico) esteve disponível (denominada de Condição Controle), uma em que apenas o fluxo ótico periférico esteve disponível (denominada de Condição Lateral) e uma em que apenas o fluxo ótico central esteve disponível (denominada de Condição Frontal).

Na Condição Controle, as duas paredes laterais e a parede frontal foram movimentadas (Figura 1a). Na Condição Lateral, um anteparo de madeira pintado de branco com listras pretas foi colocado a 12 cm da parede frontal da sala, fazendo com que apenas o movimento das duas paredes laterais estivesse visível para os participantes (Figura 1b). Na Condição Frontal, dois anteparos de madeira pintados de branco com listras pretas foram colocados a 10 cm de cada parede lateral da sala, fazendo com que apenas o movimento da parede frontal estivesse visível para os participantes (Figura 1c). Nas três condições, três distâncias (25, 100 e 150 cm) entre o participante e a parede frontal da sala foram demarcadas por fitas adesivas afixadas no chão da sala.

Durante cada tentativa, o participante deveria manter uma postura relaxada, com os braços ao longo do corpo, e permanecer com a ponta dos pés sobre uma das fitas adesivas que demarcavam a distância. Ainda, foi solicitado aos participantes que olhassem um alvo posicionado na parede

frontal da sala, que foi afixado na altura dos olhos de cada participante. Em virtude da participação de crianças, este alvo foi uma figura infantil (Figura 2), medindo 10 cm X 10 cm.

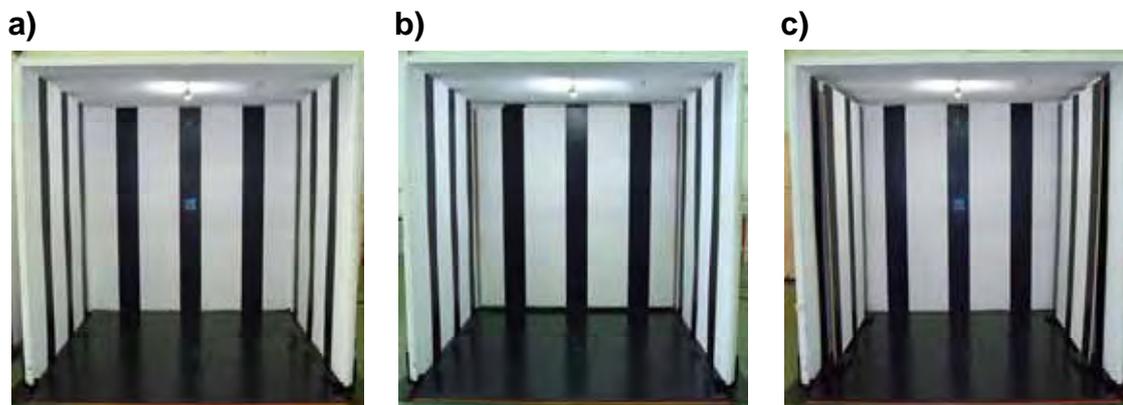


Figura 1: Fotos da sala móvel nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

Cada participante realizou 19 tentativas com duração de 60 segundos cada. Inicialmente foi realizada uma tentativa em que a sala não foi movimentada. Em seguida, foram realizadas 18 tentativas, divididas em três blocos de 6 tentativas cada, em que a sala foi movimentada. Em cada bloco os participantes realizaram uma das três condições possíveis e 2 tentativas em cada uma das distâncias foram realizadas. Tanto a ordem das tentativas dentro de cada bloco quanto à ordem dos blocos foram randômicas, definidas por sorteio. O intervalo entre as tentativas foi de cerca de 20 segundos e entre os blocos, de aproximadamente 2 minutos. Entretanto, sempre que necessário, o experimentador permitiu um tempo maior de descanso entre as tentativas e/ou blocos a fim de garantir a atenção dos participantes.



Figura 2: Figura infantil utilizada como alvo em todas as condições experimentais.

Tendo em vista que o conhecimento do movimento da sala influencia o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004), ao final de cada sessão experimental foi perguntado aos participantes se eles haviam notado algo diferente durante a realização dos procedimentos experimentais. Nenhum participante do estudo verbalizou que a sala foi movimentada.

3.2.3. Tratamento e Análise dos Dados

Ao término da coleta, os dados da oscilação corporal do participante e da movimentação da sala foram armazenados em formato binário e posteriormente transformados para arquivos em formato texto (Ascii). Após este procedimento, os dados contidos nos arquivos foram analisados por meio de rotinas escritas em linguagem MATLAB (versão 7.0 - Math Works Inc.). O relacionamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal foi analisado a partir dos dados referentes à direção ântero-posterior, visto que a manipulação do estímulo visual foi realizada nesta direção. Para as tentativas nas quais a sala permaneceu estacionária, as análises utilizadas para verificar a oscilação corporal dos participantes foram realizadas tanto na direção ântero-posterior quanto na direção médio-lateral.

Em virtude de diferenças na cooperação e no interesse dos participantes algumas tentativas precisaram ser refeitas, e outras não puderam ser realizadas. No entanto, todos participantes realizaram ao menos 10 tentativas (uma em cada condição possível). Ainda, por meio de observação e de anotações feitas nas fichas de coletas, apenas os momentos em que os

participantes permaneceram em pé olhando para a sala móvel e sem realizar movimentos bruscos ou retirar os pés da posição estabelecida por, no mínimo, 30 segundos consecutivos foram considerados para as análises. Por esse motivo, das 760 tentativas possíveis de serem analisadas, 52 tentativas (6,8%) não atenderam aos critérios e tiveram alguns segundos excluídos das análises. Destas, 51 foram tentativas em que a sala foi movimentada e 1 foi tentativa em que a sala permaneceu estacionária. Das 51 tentativas em que a sala foi movimentada, vinte e quatro tentativas tiveram entre 30 e 39 segundos de duração, quinze tentativas tiveram entre 40 e 49 segundos de duração, e, finalmente, doze tiveram entre 50 e 59 segundos de duração. Ainda, destas tentativas, 46 eram de participantes do grupo de 4 anos (90,2%), 2 eram de participantes do grupo de 8 anos (3,9%), e 3 eram de participantes do grupo de 12 anos (5,9%). A tentativa em que a sala permaneceu estacionária era do grupo de 8 anos e teve 30 segundos de duração.

A partir dos dados de oscilação corporal dos participantes e da movimentação da sala móvel, foi computada uma análise envolvendo a criação de funções de respostas de frequência (*Frequency-Response Function* - FRF). Esta análise consistiu em dividir as transformações Fourier da oscilação corporal pelas transformações Fourier do movimento da sala, gerando uma função de valores complexos para cada participante e tentativa. O valor absoluto desta função corresponde ao valor de ganho e o “argumento” da mesma corresponde ao valor de fase.

O ganho indica a influência do movimento da sala sobre a oscilação corporal na frequência do estímulo. Valores de ganho de 1 significam

que a amplitude do espectro de oscilação corporal é igual à amplitude do espectro do movimento da sala. Valores menores ou maiores que 1 indicam que a amplitude das oscilações corporais é menor ou maior, respectivamente, que a amplitude do movimento da sala, na frequência específica.

A fase foi convertida de radianos para graus e indica o relacionamento temporal entre o movimento da sala e a oscilação corporal. Valores positivos de fase significam que a oscilação corporal esteve a frente do movimento da sala e valores negativos significam que a oscilação corporal apresentou um atraso com relação ao movimento da sala.

Para calcular a variabilidade de posição e velocidade de oscilação (cf. JEKA; OIE; KIEMEL, 2000), a posição média dos valores foi subtraída das respectivas séries temporais das oscilações corporais dos participantes em cada tentativa. A variabilidade corresponde ao desvio padrão da trajetória de oscilação corporal depois que o componente de oscilação corporal correspondente à frequência do movimento da sala foi removido (trajetória residual) e indica a amplitude de oscilação corporal (variabilidade de oscilação) em frequências diferentes da frequência do estímulo visual (0,2 Hz). Este procedimento foi realizado para a posição (variabilidade de posição) e velocidade (variabilidade de velocidade) da oscilação corporal separadamente.

A amplitude de oscilação na frequência do estímulo (*Stimulus Frequency Sway Amplitude – SFSA*) é o ponto sobre o espectro da oscilação corporal correspondente à frequência do estímulo (0,2Hz) e indica amplitude de oscilação corporal na frequência do estímulo.

Para o cálculo da amplitude média de oscilação um polinômio de primeira ordem foi subtraído dos sinais de cada tentativa. Após esta subtração, o desvio padrão dos valores de oscilação corporal foi calculado, constituindo a amplitude média de oscilação. O comportamento dos participantes nas tentativas em que a sala não foi movimentada foi avaliado por meio da variável amplitude média de oscilação.

3.2.4. Análise Estatística

A fim de investigar o comportamento dos participantes perante a movimentação da sala e as manipulações das distâncias e das paredes da sala foram realizadas duas análises de multivariância (MANOVA) 4 x 3 x 3 (grupos x condições x distâncias), sendo os dois últimos fatores tratado como medidas repetidas, e duas análise de variância (ANOVA) 4 x 3 x 3 (grupos x condições x distâncias), sendo os dois últimos fatores tratado como medidas repetidas. A primeira MANOVA teve como variáveis dependentes o ganho e a fase, e a segunda MANOVA teve como variáveis dependentes a variabilidade de posição e a variabilidade de velocidade. A primeira ANOVA teve como variável dependente a amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA), e a segunda ANOVA teve como variável dependente a amplitude média de oscilação.

Para investigar o comportamento dos participantes na ausência de movimento da sala foi realizada uma análise de multivariância (MANOVA) *one way*, tendo como variáveis dependentes a amplitude média de oscilação

na direção ântero-posterior e a amplitude média de oscilação na direção médio-lateral.

Quando necessário, os dados foram transformados para que os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância fossem alcançados. Análises univariadas e testes *post hoc* Tukey com ajustes de Bonferroni foram realizados quando preciso. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SPSS (SPSS para Windows – versão 10.0 – SPSS, inc) e o valor de alfa foi mantido em 0,05.

3.3. RESULTADOS

Os resultados serão apresentados em duas partes. Inicialmente serão apresentados os resultados referentes às tentativas em que a sala não foi movimentada e, posteriormente, serão apresentados os resultados referentes às tentativas em que a sala foi movimentada.

COMPORTAMENTO NAS TENTATIVAS SEM MOVIMENTO DA SALA

A Figura 3 apresenta os valores médios da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas direções ântero-posterior e médio-lateral. MANOVA indicou diferença para o fator Grupo, Wilks' Lambda= 0,634, $F(2,70)=2,985$, $p<0,05$. Análises univariadas utilizadas para verificar o fator grupo apontaram diferenças somente para a variável amplitude média de oscilação na direção médio-lateral, $F(3,36)=4,981$, $p<0,05$.

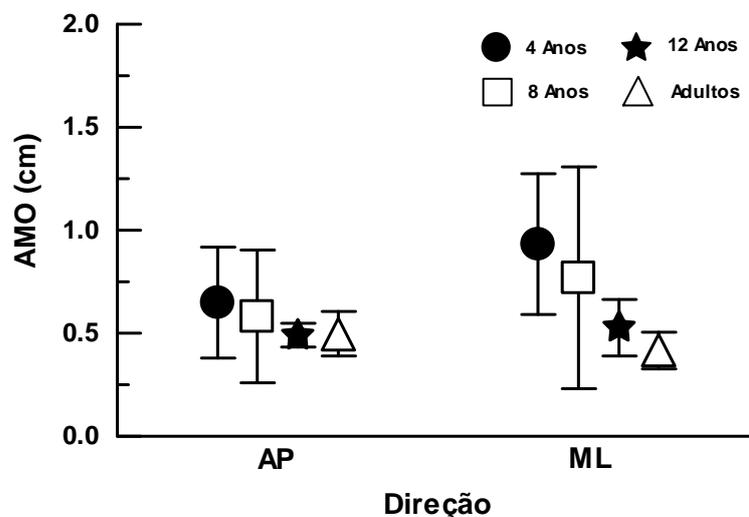


Figura 3: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML).

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças nos valores de amplitude média de oscilação na direção médio-lateral entre os grupos revelaram que as crianças de 4 anos oscilaram mais que os adultos jovens.

ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO VISUAL E OSCILAÇÃO CORPORAL

As oscilações corporais das crianças e dos adultos jovens foram induzidas na mesma frequência do estímulo visual em todas as distâncias entre os participantes e a sala e em todas as condições de fluxo ótico. No entanto, esta influência foi menor na distância de 25 cm da condição lateral e na distância 150 cm da condição frontal. A Figura 4 apresenta exemplares de séries temporais e amplitudes espectrais da oscilação corporal de todos os grupos e do deslocamento da sala móvel, para ilustrar a influência da sala em uma tentativa na distância 100 cm da condição controle (Figura 4a-h).

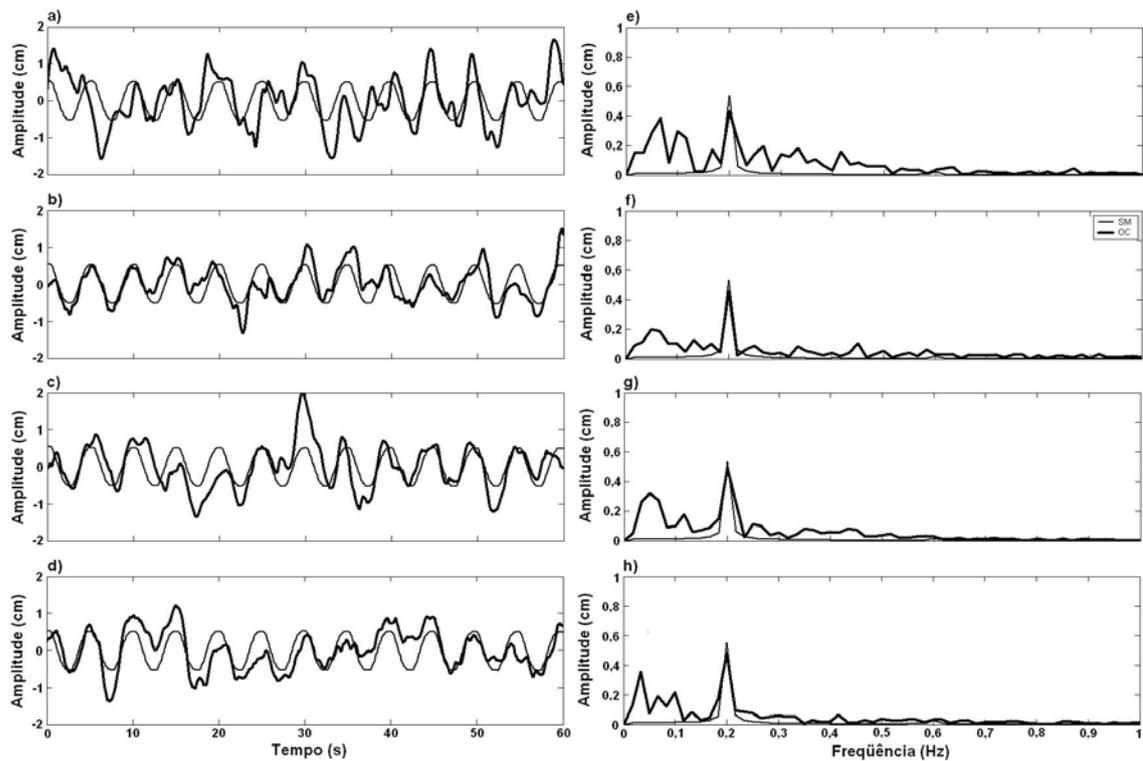


Figura 4: Exemplos de séries temporais e do deslocamento da sala e da oscilação corporal dos participantes de 4 anos (painel a), 8 anos (painel b), 12 anos (painel c) e adultos jovens (painel d) e de amplitudes espectrais deslocamento da sala e da oscilação corporal dos participantes de 4 anos (painel e), 8 anos (painel f), 12 anos (painel g) e adultos jovens (painéis h) durante uma tentativa da condição controle em que a sala foi movimentada na freqüência de 0,2 Hz e o participante permaneceu na distância de 100 cm. A linha clara refere-se ao deslocamento da sala móvel (SM) e a linha escura às trajetórias da oscilação corporal (OC) dos participantes.

Pode-se observar que as amplitudes espectrais de oscilação corporal das crianças de 4, 8 e 12 anos de idade bem como a de adultos jovens apresentam um pico definido na freqüência do estímulo (0,2 Hz) em todas as condições.

3.3.1. Ganho e Fase

A Figura 5 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do ganho nas três distâncias, para os quatro grupos etários, nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c). A Figura 6 apresenta os valores

médios, e respectivos desvios padrão, da fase nas três distâncias, para os quatro grupos etários, nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

MANOVA indicou diferença para os fatores Grupo, Wilks' Lambda= 0,533, $F(6,68)=4,186$, $p<0,05$, Condição, Wilks' Lambda = 0,061, $F(4,32)=123,175$, $p<0,001$, e Distância, Wilks' Lambda = 0,435, $F(4,32)=10,381$, $p<0,001$, e para as interações entre os fatores Grupo e Condição, Wilks' Lambda = 0,467, $F(12,84)=2,360$, $p<0,05$, Grupo e Distância, Wilks' Lambda = 0,314, $F(12,84)=3,893$, $p<0,001$, Condição e Distância, Wilks' Lambda = 0,039, $F(8,28)=86,102$, $p<0,001$, e Grupo, Condição e Distância, Wilks' Lambda = 0,188, $F(2,82)=2,653$, $p<0,05$.

Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Grupo e Distância apontaram diferenças para as variáveis ganho, $F(6,70)=9,753$, $p<0,001$, e fase, $F(6,70)=3,028$, $p<0,05$.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças nos valores de ganho entre os grupos em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, quando os participantes ficaram a 25 cm da sala, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de ganho que os adultos jovens e quando os participantes ficaram a 100 cm e a 150 cm da sala não houve diferença significativamente estatística entre os grupos.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças nos valores de ganho entre as distâncias em cada um dos grupos revelou que, para as crianças de 4 anos os valores de ganho foram maiores na distância de 25 cm do que na distância de 150 cm, e para os participantes de 8 e 12 anos e os

adultos jovens não houve diferença significativamente estatística entre as distâncias.

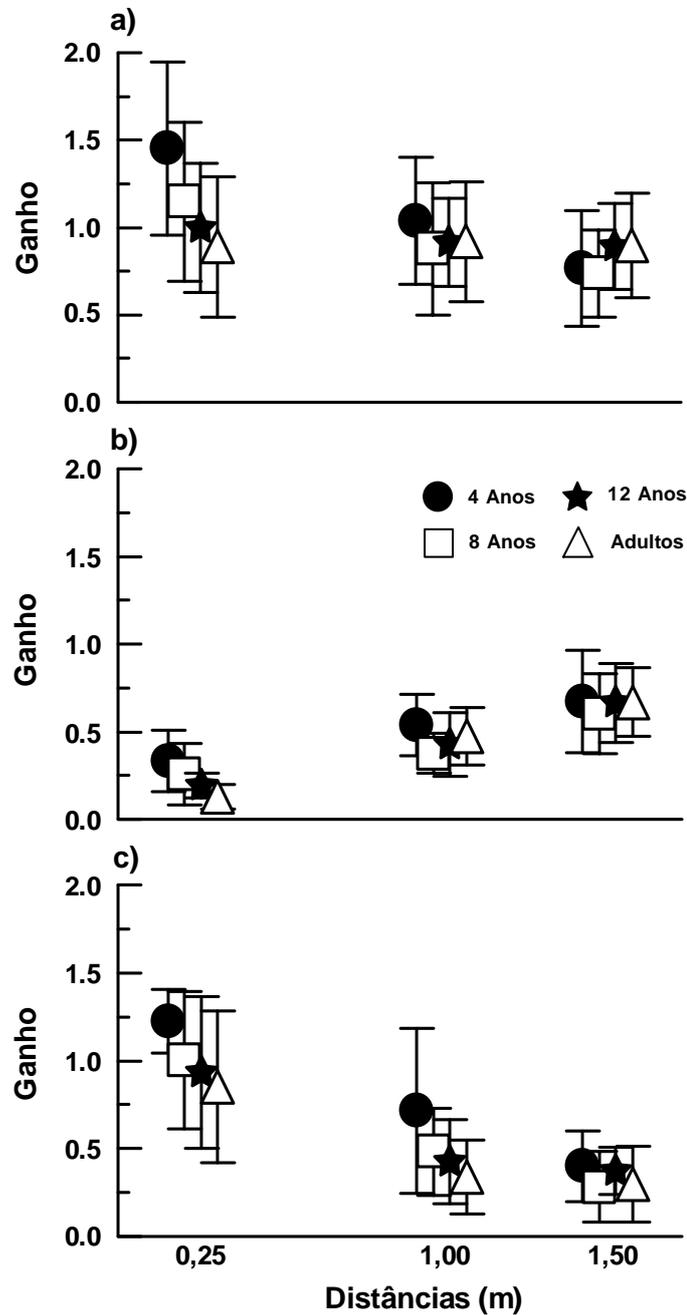


Figura 5: Médias e desvios padrão do ganho para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças nos valores de fase entre os grupos em cada uma das distâncias entre os participantes e a

sala revelaram que, quando os participantes ficaram a 25 cm da sala, não houve diferença entre os grupos; quando os participantes ficaram a 100 cm da sala as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de fase que os participantes de 12 anos e os adultos jovens e que as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de fase que os adultos jovens; e quando os participantes ficaram a 150 cm da sala as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de fase que todos os outros grupos.

Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Grupo e Condição apontaram diferenças apenas para a variável fase, $F(6,70)=3,462$, $p<0,05$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos em cada uma das condições de estrutura de fluxo ótico revelaram que, na condição controle, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de fase que os participantes de 12 anos e os adultos jovens; na condição lateral não houve diferença entre os grupos; e, na condição frontal, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de fase que todos os outros grupos e as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de fase que os adultos jovens.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças nos valores de fase entre as condições em cada um dos grupos revelou que, para os participantes de 4, 8 e 12 anos, não houve diferença significativamente estatística entre as condições e, para os adultos jovens, os valores de fase foram menores na condição frontal (valor de $-28,67$ graus) que na condição lateral (valor de $-6,36$ graus).

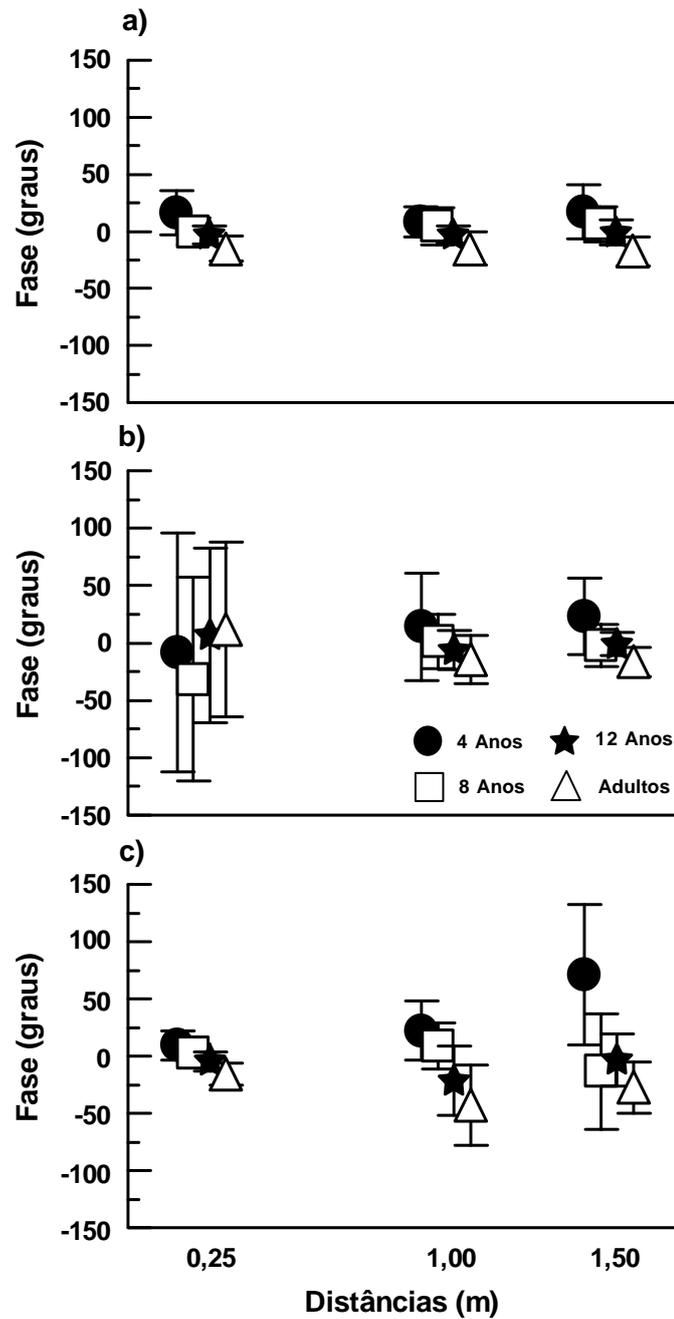


Figura 6: Médias e desvios padrão da fase para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Condição e Distância apontaram diferenças apenas para a variável ganho, $F(4,140)=138,044$, $p<0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre as condições de estrutura de fluxo ótico em cada uma das

distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, na distância de 25 cm, os valores de ganho foram menores na condição lateral que nas condições controle e frontal; na distância de 100 cm, os valores de ganho foram maiores na condição controle que nas condições frontal e lateral; e, na distância de 150 cm, os valores de ganho foram menores na condição frontal que nas condições controle e lateral.

Análises univariadas utilizadas para verificar a interação entre os fatores Grupo, Condição e Distância não revelaram diferenças para a variável ganho, $F(12,140)=1,025$, $p>0,05$, nem para a variável fase, $F(12,140)=1,301$, $p>0,05$.

3.3.2. Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade

A Figura 7 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da variabilidade de posição nas três distâncias, para os quatro grupos etários, nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c). A Figura 8 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da variabilidade de velocidade nas três distâncias, para os quatro grupos etários, nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

MANOVA indicou diferença para os fatores Grupo, Wilks' Lambda = 0,346, $F(6,68)=7,929$, $p<0,001$, Condição, Wilks' Lambda = 0,690, $F(4,32)=3,588$, $p<0,05$, e Distância, Wilks' Lambda = 0,631, $F(4,32)=4,675$, $p<0,005$, e para a interação entre os fatores Grupo e Distância, Wilks' Lambda = 0,500, $F(12,84)=2,122$, $p<0,05$.

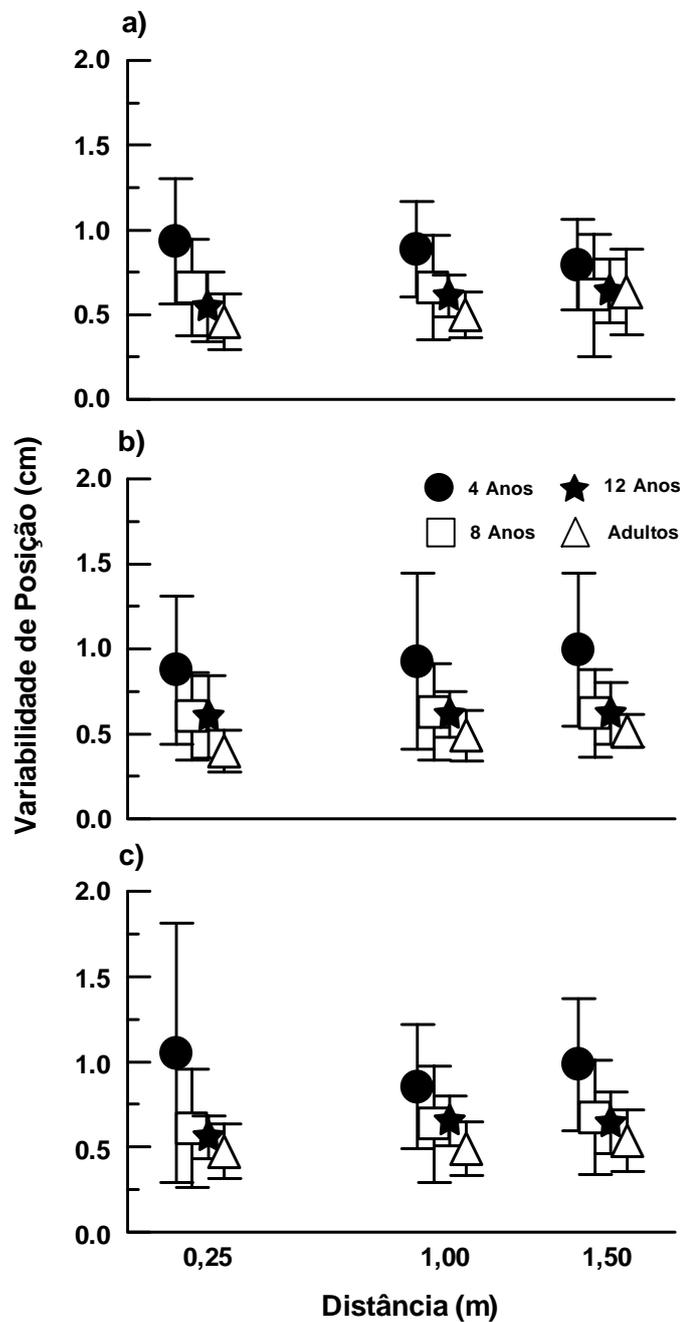


Figura 7: Médias e desvios padrão da variabilidade de posição para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

Análises univariadas utilizadas para verificar o fator grupo apontaram diferenças para as variáveis variabilidade de posição, $F(3,35)=5,633$, $p<0,005$, e variabilidade de velocidade, $F(3,35)=19,965$,

$p < 0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos indicaram que, para a variabilidade de posição, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que, para a variabilidade de velocidade, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores que todos os outros grupos, que as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que os participantes de 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

Análises univariadas utilizadas para verificar o fator Distância apontaram diferença apenas para a variável variabilidade de posição, $F(2,70)=12,578$, $p < 0,001$, e as análises univariadas para verificar a interação entre os fatores Grupo e Distância também apontaram diferenças apenas para a variável variabilidade de posição, $F(6,70)=3,305$, $p < 0,05$.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, nas distâncias de 25 cm e 100 cm, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de variabilidade de posição que os adultos jovens; e, na distância de 150 cm, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de variabilidade de posição que as crianças de 8 anos e os adultos jovens.

Análises univariadas utilizadas para verificar o fator Condição apontaram diferença apenas para a variável variabilidade de velocidade, $F(2,70)=5,775$, $p < 0,05$. Entretanto, testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre as condições não apontaram diferenças significativas.

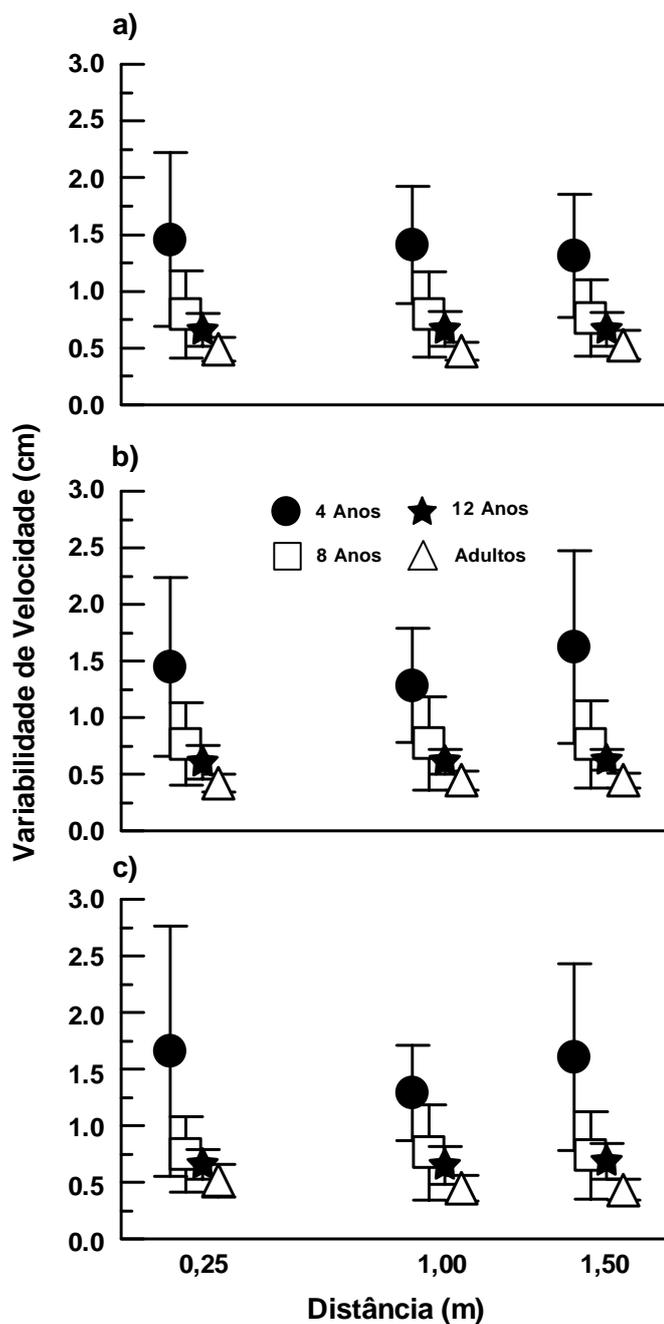


Figura 8: Médias e desvios padrão da variabilidade de velocidade para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

3.3.3. Amplitude de Oscilação na Frequência do Estímulo (SFSA)

A Figura 9 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA) nas três

distâncias, para os quatro grupos etários, nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

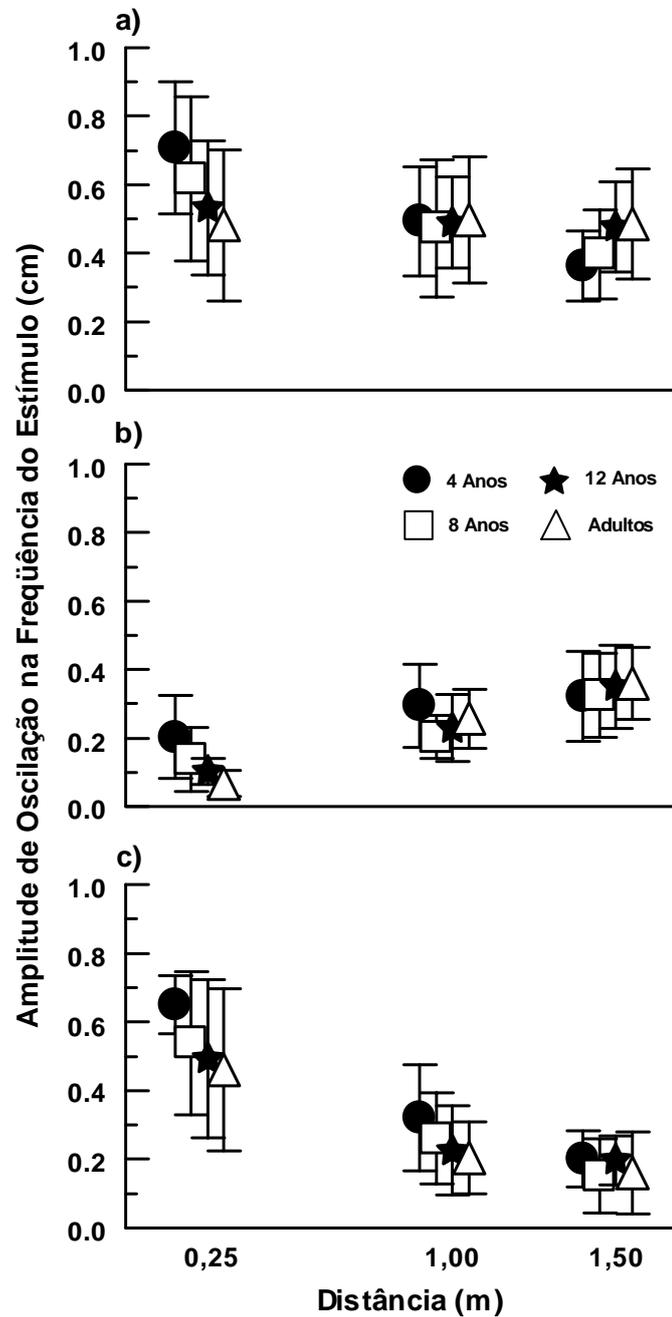


Figura 9: Médias e desvios padrão da amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA) para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

ANOVA indicou diferença para os fatores Condição, $F(2,72)=152,254$, $p<0,001$, e Distância, $F(2,72)=22,920$, $p<0,001$, e para as interações entre os fatores Grupo e Distância, $F(6,72)=11,267$, $p<0,001$, e Condição e Distância, $F(4,144)=128,723$, $p<0,001$.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, na distância de 25 cm, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de SFSA que os adultos jovens; e, nas distâncias de 100 cm e 150 cm, não houve diferença entre os grupos.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre as condições de estrutura de fluxo ótico em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, na distância de 25 cm, os valores de SFSA foram menores na condição lateral que nas condições controle e frontal; na distância de 100 cm, os valores de SFSA foram maiores na condição controle que nas condições frontal e lateral; e, na distância de 150 cm, os valores de SFSA foram menores na condição frontal que na condição lateral e estes foram menores que na condição controle.

3.3.4. Amplitude Média de Oscilação

A Figura 10 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude média de oscilação nas três distâncias, para os quatro grupos etários, nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c). ANOVA indicou diferença para os fatores Grupo, $F(3,36)=5,621$, $p<0,005$, e Condição, $F(2,72)=12,520$, $p<0,001$, e para as interações entre os fatores Grupo e

Distância, $F(6,72)=2,863$, $p<0,05$, e Condição e Distância, $F(4,144)=7,066$, $p<0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos indicaram que as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

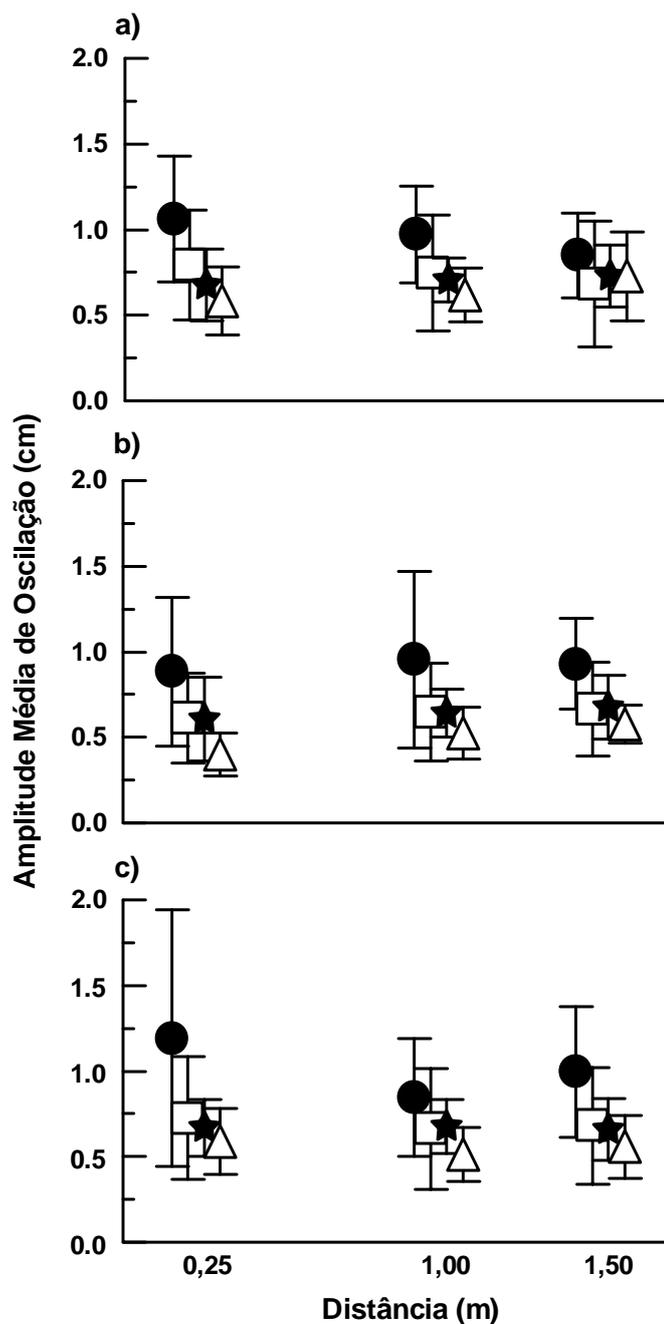


Figura 10: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação para os quatro grupos, nas três distâncias que os participantes ficaram da sala nas condições controle (a), lateral (b) e frontal (c).

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, em todas as distâncias, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre as condições de estrutura de fluxo ótico em cada uma das distâncias entre os participantes e a sala revelaram que, na distância de 25 cm, os valores foram menores na condição lateral que nas condições controle e frontal; nas distâncias de 100 e 150 cm, não houve diferença significativa entre as condições.

3.4. DISCUSSÃO

O presente estudo buscou investigar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens frente às alterações da estrutura do fluxo ótico. De maneira geral, os resultados indicaram que a influência da distância (verificada a partir das variáveis ganho, fase, variabilidade de posição, AMO e SFSA) e da estrutura do fluxo ótico (verificada a partir da variável fase) no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da idade e a influência da estrutura do fluxo ótico (verificada a partir das variáveis ganho, AMO e SFSA) no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da distância entre o observador e a parede frontal da sala móvel.

Em alguns aspectos, estes resultados corroboram estudos anteriores e, em outros, os resultados proporcionam conhecimento novo e relevante para o entendimento das mudanças desenvolvimentais observadas no acoplamento entre percepção e ação. Considerando a importância deste acoplamento para o esclarecimento das diferenças observadas no sistema de controle postural ao longo dos anos, os resultados deste estudo também podem contribuir para a ampliação do conhecimento nesta área. A fim de melhor discutir estes aspectos, eles serão abordados em tópicos separados.

3.4.1. Sistema de Controle Postural

O desenvolvimento do sistema de controle postural é comumente inferido por meio das oscilações corporais. Diversos estudos têm observado maior oscilação corporal (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987), velocidade de oscilação (TAGUCHI; TADA, 1988) e área de oscilação (TAGUCHI; TADA, 1988; USUI; MAEKAWA; HIRASAWA, 1995; WOLFF; ROSE; JONES; BLOCH; OEHLERT; GAMBLE, 1998) em crianças mais jovens quando comparadas a crianças mais velhas e a adultos jovens.

Recentemente, tem sido sugerido que estas diferenças desenvolvimentais observadas podem estar relacionadas às alterações no uso de informação sensorial pelo sistema de controle postural (GODOI, 2004) que, de acordo com Barela, Jeka e Clark (2003), é resultado da aquisição e refinamento de relacionamentos flexíveis e estáveis entre informação sensorial

e atividade muscular, relacionados à manutenção e equilíbrio de uma posição corporal desejada. A partir destas considerações, as oscilações corporais dos participantes deste estudo serão discutidas tanto nas tentativas em que a sala móvel permaneceu estacionária quanto nas tentativas em que a sala móvel foi movimentada.

Durante a tentativa em que a sala móvel não foi movimentada, os resultados revelaram que as crianças de 4 anos oscilaram mais que os adultos jovens, neste estudo na direção médio-lateral. Estes resultados estão de acordo com a literatura já que diversos estudos (p.ex., FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987; TAGUCHI; TADA, 1988) têm observado que crianças mais novas oscilam mais que crianças mais velhas e adultos quando em situações de estímulo visual estacionário.

Nas tentativas em que a sala móvel foi movimentada, as crianças de 4 anos também oscilaram mais que os adultos jovens, como já observado em estudos anteriores (p.ex., GODOI, 2004; POLASTRI, 2007; GODOI; BARELA, 2008). Portanto, parece que as diferenças observadas no sistema de controle postural de crianças e adultos podem estar relacionadas às alterações no acoplamento entre informação sensorial e ação motora, como sugerido por Barela, Jeka e Clark (2003). Neste sentido, as crianças teriam uma menor capacidade de diminuir e alterar a influência das informações sensoriais provenientes de diferentes fontes (POLASTRI, 2007) ou com alterações da qualidade do estímulo sensorial (GODOI, 2004; GODOI; BARELA, 2008).

3.4.2. Processos Adaptativos no Acoplamento entre Informação Visual e Oscilação Corporal

O acoplamento entre informação visual e oscilação corporal permitiu investigar o funcionamento do sistema de controle postural de crianças e adultos. Como neste estudo a distância entre o participante e o estímulo visual foi manipulada, também foi possível investigar como crianças e adultos jovens se adaptam às alterações que ocorrem nas características do estímulo visual a medida que a distância entre o ponto de observação e os objetos se altera.

Os resultados revelaram que a influência da distância sobre o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da idade. Quando estiveram mais próximas da parede frontal da sala (25 cm) as crianças de 4 anos foram mais influenciadas pelo movimento da sala do que os adultos jovens, enquanto que nas maiores distâncias (100 e 150 cm) não houve diferença entre os grupos. Dessa forma, quando estiveram mais próximas da parede frontal as crianças de 4 anos foram mais influenciadas pelo movimento da sala do que os adultos jovens e esta influência foi diminuindo com o aumento da distância e, por esse motivo, a diferença entre os grupos desapareceu nas distâncias de 100 e 150 cm.

Embora estes resultados pareçam divergir dos obtidos por Godoi (2004), este não é o caso. De fato, Godoi (2004) observou que crianças de 4, 6, 8 e 10 anos (e não apenas as crianças de 4 anos, como no presente estudo) exibiram uma diminuição da influência do movimento da sala sobre as

oscilações corporais à medida que a distância entre o participante e a parede frontal da sala aumentou. Entretanto, é preciso lembrar que, no presente estudo, esta influência da distância em função da idade não considerou as diferentes condições de estrutura de fluxo. Quando cada estrutura do fluxo é considerada separadamente, observa-se que, para a condição de fluxo global (condição controle), as crianças de 4 e 8 anos são mais influenciadas pelo movimento da sala na distância de 25 cm do que na distância de 150 cm, e que, para os participantes de 12 anos e os adultos jovens, não houve diferença entre as distâncias. Assim, quando a condição de fluxo foi a mesma utilizada por Godoi (2004), os resultados foram idênticos.

Em relação à variabilidade da oscilação corporal, os resultados revelaram mudanças com a idade e distância, principalmente no componente de posição de oscilação. Quando os participantes permaneceram a 25 e a 100 cm da parede frontal da sala as crianças de 4 anos exibiram maiores valores de variabilidade de posição que os adultos jovens e, quando eles permaneceram a 150 cm, as crianças de 4 anos exibiram maiores valores de variabilidade de posição que as crianças de 8 anos e os adultos jovens. Esta maior variabilidade no sistema de controle postural já foi observada em outros estudos (BARELA; JEKA; CLARK, 2003; GODOI, 2004; GODOI; BARELA, 2008; POLASTRI, 2007) e indica que as crianças mais jovens oscilam em várias outras freqüências diferentes da freqüência do estímulo visual (0,2 Hz). Dessa forma, parece que quando a qualidade da informação se altera, as crianças têm dificuldades em estimar a posição no espaço e, conseqüentemente, oscilam em várias freqüências.

3.4.3. Sensibilidade à Estrutura do Fluxo Ótico no Acoplamento entre Informação Visual e Oscilação Corporal

A influência da estrutura do fluxo no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da idade e da distância. No que diz respeito à dependência da idade, os resultados demonstraram que o relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal foi diferente entre os grupos em cada estrutura de fluxo.

Quando o fluxo ótico global esteve disponível, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de fase que os participantes de 12 anos e adultos jovens. As crianças de 4 anos oscilaram ligeiramente à frente do estímulo enquanto que os participantes de 12 anos e os adultos jovens oscilaram junto ou ligeiramente atrás do estímulo.

Tradicionalmente tem sido observado que, quando o estímulo é manipulado na frequência de 0,2 Hz, tanto crianças quanto adultos apresentam oscilações corporais temporalmente próximas ao estímulo visual (p.ex. POLASTRI; GODOI; BARELA, 2002; FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004; GODOI; BARELA, 2008) ou somatossensorial (p.ex., BARELA; JEKA; CLARK, 2003; BOMFIM, POLASTRI, BARELA, 2006). No entanto, alguns estudos recentes têm encontrado resultados semelhantes ao observados no presente estudo em crianças (POLASTRI, 2008; SPARTO; REDFERN; JASKO; CASSELBRANT; MANDEL; FURMAN, 2006), adultos (OIE; KIEMEL; JEKA, 2002) e idosos (ALLISON; KIEMEL; JEKA, 2006; JEKA; ALLISON; SAFFER; ZHANG; CARVER; KIEMEL, 2006).

Allison, Kiemel e Jeka (2006), por exemplo, encontraram que, quando submetidos à manipulação das amplitudes dos estímulos visual e somatossensorial, adultos e idosos apresentam diferenças no relacionamento temporal. Os idosos apresentaram relacionamento temporal à frente do estímulo visual em comparação com adultos jovens que mostraram este relacionamento próximo à zero ou com pequenos atrasos temporais.

Resultados semelhantes são observados nos estudos realizados com crianças. Sparto e colegas (2006) observaram que crianças entre 7 e 12 anos oscilaram à frente do estímulo visual enquanto que adultos oscilaram junto ou ligeiramente atrás do estímulo visual. No entanto, neste estudo crianças entre 7 e 12 anos de idade foram inseridas no mesmo grupo, o que, de uma perspectiva desenvolvimental, pode tornar o grupo muito heterogêneo, já que diferenças desenvolvimentais têm sido observadas neste período (p.ex., GODOI, 2004).

Entretanto, quando crianças de 4, 8 e 12 foram investigadas em grupos distintos, também foram observadas diferenças no relacionamento temporal. Polastri (2007) observou que crianças de 4 anos apresentaram-se ligeiramente à frente do estímulo visual enquanto que as crianças de 8 e 12 anos mantiveram valores de fase ao redor de zero, e os adultos jovens mostraram pequenos atrasos temporais em relação ao estímulo visual (POLASTRI, 2007).

Os fatores que poderiam explicar estas diferenças no relacionamento temporal entre informação sensorial e ação motora não são conhecidos. Entretanto, algumas especulações têm sido feitas. Allison, Kiemel

e Jeka (2006), por exemplo, sugeriram que as diferenças entre adultos e idosos poderiam ser explicadas pelo aumento da rigidez (*stiffness*) do sistema de controle postural de idosos, o que poderia ter feito com que as oscilações corporais se mantivessem à frente do estímulo visual (ALLISON; KIEMEL; JEKA, 2006). Por sua vez, Sparto e colegas (2006) sugeriram que as diferenças entre crianças e adultos poderiam ser explicadas pelo tamanho corporal dos participantes. De acordo com estes autores, se o corpo é modelado como um pêndulo invertido, um tamanho corporal menor resulta em uma maior frequência natural em crianças do que em adultos. Esta maior frequência resultaria em oscilações corporais à frente do movimento do estímulo visual em crianças quando comparadas aos adultos (SPARTO; REDFERN; JASKO; CASSELBRANT; MANDEL; FURMAN, 2006).

É interessante notar, no entanto, que, quando o fluxo periférico esteve disponível, não foram observadas diferenças no relacionamento temporal entre grupos. Mas, quando o fluxo central esteve disponível, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de fase que os demais participantes e as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de fase que os adultos jovens. Dessa forma, semelhante ao observado quando o fluxo global esteve disponível, as crianças de 4 anos oscilaram ligeiramente à frente do estímulo, as crianças de 8 anos oscilaram aproximadamente junto com o estímulo, e os participantes de 12 anos e os adultos jovens oscilaram ligeiramente atrás do estímulo.

Assim, como já discutido anteriormente, os fatores responsáveis pelas alterações no relacionamento temporal entre informação visual e

oscilação corporal em crianças são desconhecidos. Entretanto, a ausência de diferença no relacionamento temporal quando apenas o fluxo periférico esteve disponível torna estes resultados ainda mais curiosos. De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, somente quando o fluxo central esteve disponível (seja na condição de fluxo global ou na condição de fluxo central) é que as diferenças entre os grupos foram observadas no relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal. Dessa forma, parece que o fluxo periférico é mais “informativo” do que o fluxo central e, portanto, nesta última condição, a criança teria dificuldade de estimar a sua posição em relação à posição da sala. Conseqüentemente, haveria alteração no relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal.

No entanto, talvez o resultado mais interessante relacionado à interdependência entre idade e influência da estrutura do fluxo não tenha sido as diferenças no relacionamento temporal observados entre os grupos em cada condição, mas sim as diferenças observadas entre as condições em cada um dos grupos. Os resultados revelaram que, para os participantes de 4, 8 e 12 anos, o relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal não foi diferente entre as condições de estrutura do fluxo, e que para os adultos jovens, este relacionamento foi diferente entre as condições de fluxo central e fluxo periférico. Estes resultados indicam que, até os 12 anos, os participantes não utilizam a informação ótica¹ presente nos fluxos central, periférico e global da mesma forma que os adultos jovens. Estes resultados corroboram estudos anteriores, que observaram diferenças desenvolvimentais na sensibilidade à

¹ Informação ótica é a informação que pode ser extraída de um arranjo ótico fluindo (GIBSON, 1979, p.63).

estrutura do fluxo ótico em bebês (BERTENTHAL; BAI, 1989; HIGGINS; CAMPOS; KERMOIAN, 1996), crianças entre 1 e 5 anos de idade (BERTENTHAL; BAI, 1989; STOFFREGEN; SCHMUCKLER; GIBSON, 1987) e adultos (STOFFREGEN, 1985, 1986), e avançam, já que revelaram que estas diferenças persistem até os 12 anos de idade.

Finalmente, os resultados revelaram que a influência da estrutura do fluxo ótico foi dependente da distância. Quando os participantes ficaram a 25 cm da parede frontal da sala, a influência do movimento da sala sobre as oscilações dos participantes foi menor na condição de fluxo periférico que nas condições de fluxo central e de fluxo global. Estes resultados são coerentes pois, considerando um campo visual de aproximadamente 200 graus (WILLIAMS; DAVIDS; WILLIAMS, 1999), quando os participantes permaneceram em pé a 25 cm da parede frontal, a visibilidade horizontal de cada parede lateral era de aproximadamente 23,4 (ambos os lados: 46,8) graus e a visibilidade horizontal da parede frontal era de aproximadamente 153,2 graus. Dessa forma, grande parte do campo visual estava preenchida pela parede frontal, que estava estacionária na condição de fluxo periférico. Portanto, parece natural que o movimento da sala tenha influenciado pouco as oscilações corporais dos participantes na condição de fluxo periférico na distância de 25 cm.

Quando os participantes ficaram a 100 cm da parede, a influência do movimento da sala sobre as oscilações dos participantes foi maior na condição de fluxo global que nas condições de fluxo central e de fluxo periférico. A explicação para esta ausência de diferença também pode estar no

campo visual dos participantes. Utilizando o mesmo raciocínio anterior, na distância de 100 cm a visibilidade horizontal de cada parede lateral era de aproximadamente 53,6 (ambos os lados: 107,2) graus e a visibilidade horizontal da parede frontal era de aproximadamente 92,8 graus. Portanto, o campo visual estava similarmente dividido entre parede frontal e paredes laterais. Na condição de fluxo periférico a parede frontal estava estacionária e, portanto, apenas metade do campo visual esteve preenchida com fluxo ótico; neste caso, fluxo periférico, proveniente das paredes laterais. Na condição de fluxo central as paredes laterais estavam estacionárias e, por esse motivo, apenas metade do campo visual esteve preenchida com fluxo ótico; neste caso, central, proveniente da parede frontal. Isto parece explicar a menor influência do movimento da sala sobre as oscilações corporais dos participantes nas condições de fluxo central e fluxo periférico, quando comparados à condição de fluxo global, no qual todo o campo visual esteve preenchido com paredes com movimento.

Finalmente, quando os participantes ficaram a 150 cm da parede da sala, a influência do movimento da sala sobre as oscilações dos participantes foi menor na condição de fluxo central que nas condições de fluxo global e de fluxo periférico. Considerando que na distância de 150 cm a visibilidade horizontal de cada parede lateral era de aproximadamente 65 (ambos os lados: 130) graus, e a visibilidade horizontal da parede frontal era de aproximadamente 70 graus, os resultados obtidos parecem coerentes. Grande parte do campo visual estava preenchida pelas paredes laterais, que estava estacionária na condição de fluxo central. Dessa forma, é natural que o

movimento da sala tenha influenciado pouco as oscilações corporais dos participantes na condição de fluxo central na distância de 150 cm.

Em síntese, os resultados do presente estudo mostraram a influência da estrutura do fluxo sobre o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da distância para todos os participantes. Neste sentido, todos os participantes utilizaram do mesmo modo a informação ótica presente nos fluxos central, periférico e global ao longo das distâncias. Entretanto, os resultados também apontaram que a influência da estrutura do fluxo sobre o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal não foi igual entre os participantes de 4, 8 e 12 anos e adultos jovens. Portanto, é possível sugerir que as diferenças desenvolvimentais observadas em estudos anteriores estão relacionadas ao modo como as crianças utilizam a informação ótica em diferentes estruturas do fluxo ótico.

CAPÍTULO 4.

CARACTERÍSTICAS DO ESTÍMULO VISUAL E ACOPLAMENTO

ENTRE INFORMAÇÃO VISUAL E OSCILAÇÃO CORPORAL

EM CRIANÇAS

RESUMO

A influência do diâmetro, do contraste e da velocidade de pico do estímulo visual no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi investigada em crianças de 4, 8 e 12 anos e adultos jovens. Os participantes permaneceram em pé dentro de uma sala móvel com fluxo ótico reduzido e em três condições de variação de um alvo: diâmetro, contraste, e velocidade. Ganho, fase, variabilidade de posição e velocidade, amplitude de oscilação na frequência do estímulo e amplitude média de oscilação foram as variáveis utilizadas para verificar a influência da informação visual sobre as oscilações corporais dos participantes. Os resultados indicaram que o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da idade em todas as condições. O diâmetro e o contraste do alvo não influenciaram este acoplamento. A velocidade de pico do movimento da sala influenciou o acoplamento, mas esta influência não foi dependente da idade. Com base nestes resultados, é possível concluir que as diferenças no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal relacionadas à idade não são decorrentes da utilização diferente das características do estímulo visual manipuladas neste estudo.

Palavras-Chave: características do estímulo, desenvolvimento, controle postural

4.1. INTRODUÇÃO

Recentemente tem sido observado que as alterações no desempenho e funcionamento do sistema de controle postural se estendem até a primeira década de vida (p.ex., GODOI, 2004; GODOI; BARELA, 2008; PETERSON; CHRISTOU; ROSENGREN, 2006; POLASTRI, 2007). Godoi (2004), por exemplo, examinou as respostas posturais de crianças de 4, 6, 8, 10, 12 e 14 anos e adultos jovens em diferentes distâncias entre os participantes e a parede frontal de uma sala móvel. Os resultados revelaram que até os 10 anos, o acoplamento tornou-se mais fraco e menos estável e a influência dos movimentos da sala sobre as oscilações corporais tornou-se mais fraca à medida que a distância entre os participantes e a parede frontal da sala aumentou. Por outro lado, em participantes de 12 e 14 anos e adultos jovens, nenhuma diferença foi observada no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal entre as distâncias em que os participantes ficaram da parede frontal (GODOI, 2004). Diante destes resultados, foi sugerido que o desenvolvimento do sistema de controle postural depende de como as crianças extraem as informações e organizam a contribuição das várias fontes de informações sensoriais disponíveis no ambiente a fim de controlar a oscilação corporal, o que parece ser alcançado somente no final da primeira década da vida (GODOI; BARELA, 2008).

Posteriormente, Polastri (2007) investigou as respostas posturais de crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens diante de alterações abruptas na amplitude do estímulo visual e comprovou experimentalmente a

sugestão de Godoi e Barela (2008) de que as crianças mais jovens não conseguem dinamicamente alterar a contribuição de cada estímulo sensorial. Os resultados revelaram que, embora as crianças de 4 anos de idade tenham sido capazes de rapidamente diminuir a influência do estímulo visual, tanto as crianças de 4 anos quanto as de 8 anos apresentaram acoplamentos mais fortes e mais variáveis entre informação visual e oscilação corporal quando comparadas aos participantes de 12 anos e aos adultos jovens. De acordo com Polastri (2007), estes resultados indicam que o sistema de controle postural em crianças mais jovens não demonstra funcionamento adaptativo tão bem desenvolvido quanto em crianças de 12 anos e adultos jovens. Somente a partir dos 12 anos, as crianças foram capazes de seletivamente reduzir a utilização da informação visual, na mesma magnitude observada para os adultos jovens.

Apesar destes avanços no entendimento do funcionamento do sistema de controle postural em crianças e adultos, diversas questões ainda permanecem sem resposta. Ainda não está claro, por exemplo, porque as crianças mais novas têm dificuldades para reduzir a utilização da informação visual. Considerando que a estabilização visual da postura depende das características do estímulo visual (PAULUS; STRAUBE; BRANDT, 1984), pode ser que estas diferenças decorram do modo como estas características (cor, forma, textura, contraste, orientação, razão de expansão) são utilizadas pelo sistema de controle postural.

Vários estudos têm investigado as características de cor (VEERMAN; BRENNER; SMEETS, 2008), forma e textura (PARRISH;

GIASCHI; BODEN; DOUGHERTY, 2005; VEERMAN; BRENNER; SMEETS, 2008), contraste (ALLEN; DERRINGTON, 2000; BURR; SANTORO, 2001; MÄNTYJÄRVI; LAITINEN, 2001; THIBAUT; BROSSEAU-LACHAINE; FAUBERT; VITAL-DURAND, 2007), orientação e tamanho (PARRISH; GIASCHI; BODEN; DOUGHERTY, 2005), coerência (BURR; SANTORO, 2001; PARRISH; GIASCHI; BODEN; DOUGHERTY, 2005), e razão de expansão (BARRAZA; GRZYWACZ, 2005; PAULUS; STRAUBE; BRANDT, 1984; PAULUS; STRAUBE; KRAFCZYK; BRANDT, 1989; WURFEL; BARRAZA; GRZYWACZ, 2005) do estímulo visual durante a manutenção da posição em pé, em tarefas de alcançar um alvo, mas, principalmente, em tarefas de percepção e identificação de movimento. Parrish e colegas (2005), por exemplo, investigaram a identificação de forma baseada no movimento, na textura ou no contraste, e a discriminação de direção em crianças de 3 a 12 anos. De modo geral eles observaram que estas características ainda estão em desenvolvimento na infância e adolescência.

O contraste é uma dimensão física relacionada à transição claro-escuro nas bordas ou limites de uma imagem (ARGENTO; COSENTINO; RODRIGUEZ, 2000; OWSLEY, 2003; SANTOS, 2003), sendo calculado a partir da razão da diferença na luminância¹ destas duas áreas adjacentes (OWSLEY, 2003; SANTOS, 2003), e é expresso em porcentagem de 0% (ausência de borda ou limite entre as duas áreas) a 100% (máximo contraste entre as duas áreas).

¹ Quociente entre a intensidade do fluxo luminoso emitido por uma superfície em uma dada direção e a área dessa superfície projetada ortogonalmente sobre um plano perpendicular àquela direção (HOUISS; VILLAR; FRANCO, 2001).

A sensibilidade ao contraste do estímulo visual tem sido amplamente investigada em bebês (THIBAUT; BROSSEAU-LACHAINE; FAUBERT; VITAL-DURAND, 2007), crianças (MÄNTYJÄRVI; LAITINEN, 2001), adultos (ALLEN; DERRINGTON, 2000; BURR; SANTORO, 2001) e idosos (LORD; CLARK; WEBSTER, 1991; MÄNTYJÄRVI; LAITINEN, 2001; TOLEDO, 2008).

De modo geral, tem sido observado que a sensibilidade ao contraste depende da idade. Thibault e colegas (2007), por exemplo, verificaram que o limiar de contraste diminui dos 8 meses de idade até os 7 anos de idade. Em outro estudo, Mäntyjärvi e colegas (2001) investigaram a sensibilidade ao contraste nas distâncias de 1 e 3 metros em participantes de 6 a 75 anos. Os resultados revelaram que os participantes com idades entre 6 e 19 anos tiveram menor sensibilidade ao contraste que os participantes com idades entre 20 e 39 anos. Ainda, os autores observaram que apenas para os participantes de 6 a 19 anos de idade a sensibilidade ao contraste foi maior na distância de 1 metro que na distância de 3 metros.

Diante destas diferenças encontradas quanto a sensibilidade ao contraste, parece pertinente questionar se as diferenças observadas entre crianças e adultos por Godoi (2004) não seriam decorrentes das diferenças na sensibilidade ao contraste. Estas diferentes sensibilidades podem resultar em uma dificuldade em reduzir a utilização da informação visual o que impediria que o sistema de controle postural das crianças mais jovens demonstrasse um funcionamento adaptativo tão bem desenvolvido quanto o observado por Polastri (2007) em crianças de 12 anos e adultos jovens.

Outra propriedade que também pode interferir no uso da informação visual é a razão de expansão do ambiente projetado na retina. Paulus e colegas (1989) encontraram que as oscilações corporais de adultos aumentam quando a distância entre os participantes e o estímulo visual estático aumenta. Posteriormente, Dijkstra, Gielen e Melis (1992) e Dijkstra, Schöner e Gielen (1994) também manipularam a distância entre os participantes adultos e o cenário visual estático, e obtiveram os mesmos resultados de Paulus e colegas (1989). A partir destes resultados, os autores afirmaram que, como já sugerido por Paulus e colegas (1989), à medida que a distância do cenário aumenta, o deslocamento retinal do cenário, causado pela oscilação da cabeça durante a fixação, diminui e, conseqüentemente, a estabilização visual deteriora.

Entretanto, o mesmo parece não acontecer quando o cenário visual é móvel. Dijkstra, Schöner e Gielen (1994) observaram que quando a distância entre o participante e o cenário móvel aumentou, embora tenha sido observada uma diminuição da razão de expansão do ambiente visual, a amplitude das oscilações corporais não se alterou. Baseados nestes resultados, Dijkstra e colegas (1994) sugeriram que o sistema de controle postural de adultos não é passivamente dirigido pela razão de expansão do ambiente mas, ao contrário, que ele ativamente gera movimentos condizentes com a amplitude e freqüência do movimento visual.

Considerando estes estudos realizados com adultos, é possível supor que as diferenças observadas entre crianças e adultos podem estar relacionadas à razão de expansão do ambiente projetado na retina. Assim, no

estudo de Godoi (2004), as crianças mais novas não seriam capazes de se adaptar às mudanças na razão de expansão do ambiente projetado na retina quando a distância do participante para a parede frontal da sala aumenta. De fato, a razão de mudança do ângulo visual (razão de expansão) não é linearmente dependente da distância, já que a razão de expansão é muito maior em distâncias menores do que em distâncias maiores. Assim, em crianças mais novas a razão de expansão em distâncias maiores pode estar abaixo do limiar; ou seja, o sistema visual destas crianças pode não ser suficientemente sensível para detectar uma razão de expansão baixa. A partir destas considerações, uma das sugestões de Godoi e Barela (2008) para explicar as diferenças observadas entre crianças mais jovens e adultos foi que, até os 10 anos de idade, as crianças poderiam não ser capazes de se adaptar às mudanças no ângulo visual (razão de expansão) de modo a controlar a postura.

Além destas características do estímulo visual, recentemente tem sido observado que o conhecimento prévio sobre as alterações neste estímulo (p.ex., BARELA; POLASTRI; GODOI; WEIGELT; JEKA, EM PREPARAÇÃO; FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004) pode alterar o funcionamento do sistema de controle postural. De acordo com Schöner, Dijkstra e Jeka (1998), este comportamento adaptativo ocorre porque o sistema de controle postural pode trabalhar em dois modos de funcionamento: automovimento e movimento do objeto. Neste caso, as mudanças no fluxo ótico são interpretadas como sendo decorrentes de, respectivamente, movimentos do observador e movimentos do ambiente.

Entretanto, mesmo sem ter conhecimento prévio sobre as mudanças no estímulo visual, o funcionamento do sistema de controle postural também pode ser alterado quando ocorrem alterações abruptas na amplitude e/ou velocidade do estímulo visual (BARELA; POLASTRI; GODOI; WEIGELT; JEKA, EM PREPARAÇÃO). Barela, Polastri, Godoi, Weigelt e Jeka (em preparação) investigaram a manipulação da amplitude e da velocidade do estímulo visual, proveniente da movimentação de uma sala móvel, em adultos jovens. Foram realizadas três tentativas com baixa amplitude/velocidade do estímulo visual, uma tentativa com alta amplitude/velocidade do estímulo visual e, novamente, quatro tentativas com baixa amplitude/velocidade do estímulo visual. Os resultados revelaram que quando os participantes foram expostos à tentativa de alta amplitude/velocidade, a influência do movimento do estímulo sobre as suas oscilações corporais foi menor que a observada nas primeiras tentativas e, mesmo com a diminuição da amplitude/velocidade do estímulo nas quatro últimas tentativas, esta influência não retornou aos níveis observados nas primeiras tentativas. Dessa forma, mesmo sem o conhecimento cognitivo explícito do participante, o sistema de controle postural pode ser alterado em função de modificações da amplitude e/ou da velocidade do estímulo.

Diante da influência destas propriedades do estímulo visual sobre o funcionamento do sistema de controle postural de adultos, Polastri (2007) investigou esta influência em crianças. Como mencionado anteriormente, as crianças de 4 anos de idade foram capazes de rapidamente diminuir a influência do estímulo visual quando expostas a uma tentativa de grande amplitude/velocidade do estímulo. No entanto, por apresentaram acoplamentos

mais fortes e mais variáveis entre o estímulo visual e a oscilação corporal quando comparadas aos participantes mais velhos, Polastri (2007) concluiu que o sistema de controle postural destas crianças não demonstra um funcionamento adaptativo tão bem desenvolvido quanto o observado em crianças mais velhas e em adultos jovens.

Neste caso, poder-se-ia especular se as diferenças observadas entre crianças e adultos não estariam relacionadas às propriedades de amplitude e velocidade do estímulo visual. No estudo de Godoi (2004), por exemplo, o estímulo visual utilizado tinha baixa amplitude e velocidade (0,5 cm e 0,6 cm/s, respectivamente) e, neste caso, pode ser que esta magnitude do estímulo tenha sido insuficiente para que o sistema de controle das crianças de 4 a 10 anos pudesse detectar as mudanças no fluxo ótico nas distâncias maiores (100 e 150 cm). Isto explicaria o fato do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal ter se tornado mais fraco e menos estável e a influência dos movimentos da sala sobre as oscilações corporais ter se tornado mais fraca à medida que a distância aumentou.

Como pôde ser observado, inúmeras são as características do estímulo visual que podem influenciar a forma como esta informação é utilizada pelo sistema de controle postural. No presente estudo algumas destas características foram investigadas. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi investigar a influência da manipulação de características do estímulo visual no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens. Especificamente, este estudo buscou: 1) comparar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de

crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens durante a manutenção da posição em pé em diferentes condições de diâmetro do alvo; 2) comparar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens durante a manutenção da posição em pé em diferentes condições de contraste do alvo; e 3) comparar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens durante a manutenção da posição em pé em diferentes velocidades de pico de movimentação da sala móvel.

As hipóteses foram que (1) o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças de 4 e 8 anos seria influenciado pela manipulação das características de tamanho, contraste e velocidade do estímulo visual; e (2) o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal dos participantes de 12 anos e adultos jovens não seria influenciado pela manipulação das características de tamanho, contraste e velocidade do estímulo visual estrutura do fluxo.

4.2. MATERIAL E MÉTODO

4.2.1. Participantes

Participaram deste estudo 30 crianças, que foram divididas em 3 grupos com idades de 4 (idade média= $4,06 \pm 0,36$), 8 (idade média= $8,28 \pm 0,32$) e 12 anos (idade média= $11,98 \pm 0,37$), e 10 adultos jovens (idade média= $24,53 \pm 3,10$). As crianças foram recrutadas em escolas e por meio de contatos com amigos e colegas de trabalho da comunidade de Rio Claro. O grupo de

adultos jovens foi constituído por alunos de graduação e pós-graduação do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro.

Todos os participantes compareceram ao Laboratório para Estudos do Movimento (LEM), Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP – Campus de Rio Claro e, no caso das crianças, foram acompanhados dos pais ou responsáveis. Neste local os participantes, ou responsáveis, foram informados acerca dos procedimentos experimentais aos quais seriam submetidos e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICES A e B), devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências – UNESP – Campus de Rio Claro (ANEXO A).

4.2.2. Procedimentos

Após um período de adaptação ao ambiente do LEM, os participantes foram convidados a iniciar os procedimentos experimentais. Dessa forma, eles foram instruídos a permanecer em pé dentro de uma sala móvel, com os braços posicionados ao lado do corpo.

A sala móvel é constituída de uma armação de ferro em formato cúbico, revestida por madeira na parte posterior, nas laterais e no teto, com dimensões de 2,1 x 2,1 x 2,1 m (altura, largura e comprimento). Esta sala possui rodas de *nylon* em sua parte inferior que são posicionadas sobre trilhos de ferro possibilitando movimentos para frente e para trás, independente da superfície onde o participante está posicionado. As paredes internas e o teto da sala são pintados de branco com um monitor LDC (*Liquid Crystal Display* –

Monitor de Cristal Líquido) afixado na parede frontal da sala. A fim de atenuar as referências visuais que poderiam ser obtidas a partir dos cantos formados pelas paredes laterais e frontal bem como para disfarçar a presença do monitor LCD na parede frontal, uma estrutura metálica curvilínea, revestida com placas de madeira, foi afixada no interior da sala móvel. Para manter o mesmo padrão, estas placas também foram pintadas de branco. Uma foto da visão interna da sala com a estrutura curvilínea e o monitor LCD, na região frontal central, é apresentada na Figura 11.

Na parte superior da sala (teto), aproximadamente no centro, está afixada uma lâmpada fluorescente compacta de 20 Watts que permaneceu acesa durante todo o experimento, garantindo assim o mesmo nível de iluminação dentro da sala móvel entre as tentativas e entre os participantes.



Figura 11: Foto da sala móvel utilizada nas condições experimentais.

O movimento da sala foi produzido e controlado por um sistema de servo-mecanismo. Este sistema é composto por um controlador (Compumotor – Mod. APEX 6151), um servo-motor (Compumotor – Mod. N0992GR0NMSN) e um cilindro de um eixo (Mod. EC3-X3xxn-10004A-MS1-

MT1M) que conecta a estrutura da sala móvel ao motor. Todo este sistema é controlado por programas específicos para este fim (Compumotor – Motion Architect for Windows). Por meio deste sistema de servo-mecanismo, a sala móvel foi movimentada continuamente para frente e para trás durante 60 segundos, que correspondeu à duração de cada tentativa.

Um emissor de raios infravermelhos do sistema de análise de movimento (OPTOTRAK 3020 – Northern Digital Inc.) foi afixado no tronco (altura da 8^a vértebra torácica, entre as escápulas) dos participantes para registro tridimensional das oscilações corporais dos participantes. Um outro emissor do sistema OPTOTRAK foi afixado na parte anterior da sala móvel para registro de seus movimentos. Para aquisição das informações referentes aos emissores posicionados no participante e na sala móvel, a unidade do OPTOTRAK com as câmeras foi posicionada a 3 m da frente da sala móvel e a frequência de aquisição dos dados foi de 100 Hz. Os emissores forneceram informação sobre, respectivamente, a oscilação corporal dos participantes e o movimento da sala móvel, nas direções ântero-posterior e médio-lateral.

Foram realizadas três condições experimentais, uma em que o diâmetro do alvo foi manipulado (denominada de Condição Tamanho), uma em que o contraste do alvo foi manipulado (denominada de Condição Contraste) e uma em que a velocidade de pico com que a sala foi movimentada foi manipulada (denominada de Condição Velocidade). Em todas as condições a distância entre os participantes e a parede frontal da sala foi mantida constante em 100 cm.

Na Condição Tamanho, alvos pretos com 20, 5 e 3,34 cm de diâmetro foram exibidos na tela branca do monitor LCD (Figura 12). Estes diâmetros foram escolhidos para simular o tamanho da imagem projetada na retina quando os participantes ficam a 25, 100 e 150 cm da parede frontal da sala. Quando os participantes permanecem olhando para um alvo com 5 cm de diâmetro distante 25, 100 e 150 cm, este alvo representa ângulos de, respectivamente, 5,71, 1,43 e 0,96 graus do ângulo visual total. Ao permanecer a 100 cm de distância de alvos com 20, 5 e 3,34 cm de diâmetro, estes alvos representam ângulos de, respectivamente, 5,71, 1,43 e 0,96 graus no ângulo visual total.

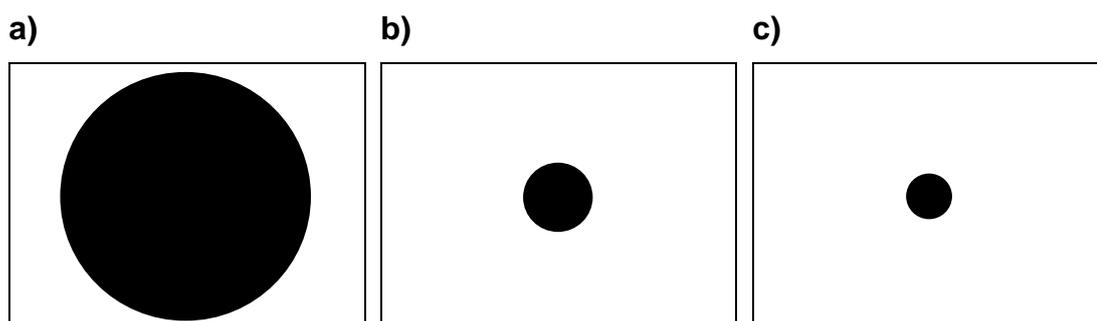


Figura 12: Condições de diâmetro de 20 cm (a), 5 cm (b) e 3,34 cm (c) do alvo exibido no monitor LCD.

Na Condição Contraste, o contraste dos alvos exibidos no monitor LCD foram 0%, 25%, 50%, 75% e 100% (Figura 13). Tendo em vista as limitações do monitor LCD, que não exibe com exatidão o contraste selecionado, estas porcentagens de contraste dos alvos são aproximadas. Em todas as condições de contraste o alvo foi um círculo com diâmetro de 5,0 cm. Tanto na condição tamanho quanto na condição contraste, a sala móvel foi

movimentada continuamente para frente e para trás na frequência de 0,2 Hz, com amplitude de 1,0 cm e velocidade de pico de 0,6 cm/s.

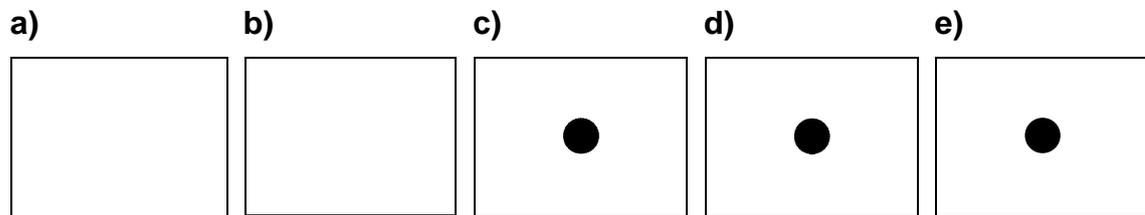


Figura 13: Condições de contraste de 0% (a), 25% (b), 50% (c), 75% (d) e 100% (e) do alvo exibido no monitor LCD.

Na Condição Velocidade, a sala móvel foi movimentada continuamente para frente e para trás na frequência de 0,2 Hz em três velocidades de pico diferentes: 0,6 cm/s, 0,9 cm/s e 1,2 cm/s. Nestas velocidades, a sala foi movimentada com amplitudes de 0,50, 0,85 e 1,12 cm, respectivamente. Em todas as condições de velocidade o alvo foi um círculo preto com diâmetro de 5,0 cm.

Cada participante realizou 19 tentativas com duração de 60 segundos cada. Inicialmente foi realizada uma tentativa em que a sala não foi movimentada. Em seguida, foram realizadas 18 tentativas, divididas em três blocos, um para cada condição experimental. No bloco referente à condição tamanho, foram realizadas 6 tentativas, duas em cada diâmetro de alvo. No bloco referente à condição contraste, foram realizadas 8 tentativas, duas em cada contraste de alvo, exceto o contraste de 100%; pois esta tentativa corresponde à tentativa de alvo com diâmetro 5,0 cm já realizada na condição tamanho. No bloco referente à condição velocidade, foram realizadas 4 tentativas, duas em cada velocidade de pico, exceto a velocidade de pico de 0,6 cm/s, pois esta tentativa corresponde à tentativa de alvo com diâmetro de

5,0 cm, já realizada na condição tamanho. Tanto a ordem das tentativas dentro de cada bloco quanto a ordem dos blocos destinados às condições tamanho e contraste foram definidas por sorteio. O bloco referente à condição velocidade foi realizado sempre no final visto que, como a sala seria movimentada com velocidades de pico mais altas (0,9 e 1,2 cm/s), os participantes poderiam perceber que a sala estava se movimentando, o que poderia interferir em todas as outras tentativas. O intervalo entre as tentativas foi de cerca de 20 segundos e entre os blocos, de aproximadamente 2 minutos. Entretanto, sempre que necessário, o experimentador permitiu um tempo maior de descanso entre as tentativas e/ou blocos a fim de garantir a atenção dos participantes.

Tendo em vista que o conhecimento do movimento da sala influencia o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004), ao final de cada sessão experimental foi perguntado aos participantes se eles haviam notado algo diferente durante a realização dos procedimentos experimentais. Apesar da utilização de diferentes velocidades de pico de movimentação da sala, nenhum participante do estudo respondeu que a sala havia sido movimentada.

4.2.3. Tratamento e Análise dos Dados

Ao término da coleta, os dados da oscilação corporal do participante e da movimentação da sala foram armazenados em formato binário e posteriormente transformados para arquivos em formato texto (Ascii). Após este procedimento, os dados contidos nos arquivos foram analisados por meio de rotinas escritas em linguagem MATLAB (versão 7.0 - Math Works Inc.).

O relacionamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal foi analisado a partir dos dados referentes à direção ântero-posterior, visto que a manipulação do estímulo visual foi realizada nesta direção. Para as tentativas nas quais a sala permaneceu estacionária, as análises utilizadas para verificar a oscilação corporal dos participantes foram realizadas tanto na direção ântero-posterior quanto na direção médio-lateral.

Em virtude de diferenças na cooperação e no interesse dos participantes algumas tentativas precisaram ser refeitas e outras não puderam ser realizadas. Por esse motivo, para que os grupos fossem constituídos com 10 participantes cada, foi preciso trazer ao laboratório um número bem maior de participantes. Para que se tenha uma idéia, foi necessário trazer ao laboratório aproximadamente 50 crianças de 4 anos de idade para conseguir que 10 crianças realizassem ao menos uma tentativa em cada condição possível (totalizando 10 tentativas); destas, apenas um participante realizou 8 tentativas pois ele se recusou a realizar as tentativas do último bloco (destinadas à condição velocidade). Nos outros grupos, todos participantes realizaram ao menos 10 tentativas (uma em cada condição possível).

Ainda, por meio de observação e de anotações feitas nas fichas de coletas, apenas os momentos em que os participantes permaneceram em pé olhando para a sala móvel e sem realizar movimentos bruscos ou retirar os pés da posição estabelecida por, no mínimo, 30 segundos consecutivos foram considerados para as análises. Dessa forma, das 760 tentativas possíveis de serem analisadas, 91 tentativas (12%) não atenderam aos critérios e tiveram alguns segundos excluídos das análises. Das tentativas que tiveram alguns

segundos excluídos, todas eram tentativas em que a sala tinha sido movimentada. Destas, 50 tentativas tiveram entre 30 e 39 segundos de duração, 30 tentativas tiveram entre 40 e 49 segundos de duração, e, finalmente, 11 tiveram entre 50 e 59 segundos de duração. Ainda, destas tentativas, 52 eram de participantes do grupo de 4 anos (57,14%), 20 eram de participantes do grupo de 8 anos (21,98%), 17 eram de participantes do grupo de 12 anos (18,68%), e 2 eram de participantes do grupo de adultos jovens (2,2%).

A partir dos dados de oscilação corporal dos participantes e da movimentação da sala móvel, foi computada uma análise envolvendo a criação de funções de respostas de frequência (*Frequency-Response Function* - FRF). Esta análise consistiu em dividir as transformações Fourier da oscilação corporal pelas transformações Fourier do movimento da sala, gerando uma função de valores complexos para cada participante e tentativa. O valor absoluto desta função constitui o valor de ganho entre a oscilação corporal e o estímulo visual e o “argumento” da mesma corresponde ao valor de fase a qual indica o relacionamento temporal entre ambos.

O ganho indica a influência do movimento da sala sobre a oscilação corporal na frequência do estímulo. Valores de ganho de 1 significam que a amplitude do espectro de oscilação corporal é igual à amplitude do espectro do movimento da sala. Valores menores ou maiores que 1 indicam que a amplitude das oscilações corporais é menor ou maior, respectivamente, que a amplitude do movimento da sala, na frequência específica.

A fase foi convertida de radianos para graus e indica o relacionamento temporal entre o movimento da sala e a oscilação corporal. Valores positivos de fase significam que a oscilação corporal esteve a frente do movimento da sala e valores negativos significam que a oscilação corporal apresentou um atraso com relação ao movimento da sala.

Para calcular a variabilidade de posição e velocidade de oscilação (cf. JEKA; OIE; KIEMEL, 2000), a posição média dos valores foi subtraída das respectivas séries temporais das oscilações corporais dos participantes em cada tentativa. A variabilidade corresponde ao desvio padrão da trajetória de oscilação corporal depois que o componente de oscilação corporal correspondente à frequência do movimento da sala foi removido (trajetória residual) e indica a amplitude de oscilação corporal (variabilidade de oscilação) em frequências diferentes da frequência do estímulo visual (0,2 Hz). Este procedimento foi realizado para a posição (variabilidade de posição) e velocidade (variabilidade de velocidade) da oscilação corporal separadamente.

A amplitude de oscilação na frequência do estímulo (*Stimulus Frequency Sway Amplitude – SFSA*) é o ponto sobre o espectro da oscilação corporal correspondente à frequência do estímulo (0,2Hz) e indica amplitude de oscilação corporal na frequência do estímulo.

Para o cálculo da amplitude média de oscilação um polinômio de primeira ordem foi subtraído dos sinais de cada tentativa. Após esta subtração, o desvio padrão dos valores de oscilação corporal foi calculado, constituindo a amplitude média de oscilação.

A quantificação da oscilação corporal dos participantes, nas tentativas em que a sala não foi movimentada, foi também obtida utilizando a variável amplitude média de oscilação.

4.2.4. Análise Estatística

A fim de investigar o comportamento dos participantes perante a movimentação da sala e a manipulação do diâmetro do alvo foram realizadas duas análises de multivariância (MANOVA) 4 x 3 (grupos x diâmetro), sendo o último fator tratado como medida repetida, e duas análise de variância (ANOVA) 4 x 3 (grupos x diâmetro), sendo o último fator tratado como medida repetida. A primeira MANOVA teve como variáveis dependentes o ganho e a fase, e a segunda MANOVA teve como variáveis dependentes a variabilidade de posição e a variabilidade de velocidade. A primeira ANOVA teve como variável dependente a amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA), e a segunda ANOVA teve como variável dependente a amplitude média de oscilação.

O comportamento dos participantes perante a movimentação da sala e a manipulação do contraste do alvo foi investigado por meio de duas análises de multivariância (MANOVA) 4 x 5 (grupos x contraste), sendo o último fator tratado como medida repetida, e duas análise de variância (ANOVA) 4 x 5 (grupos x contraste), sendo o último fator tratado como medida repetida. A primeira MANOVA teve como variáveis dependentes o ganho e a fase, e a segunda MANOVA teve como variáveis dependentes a variabilidade de posição e a variabilidade de velocidade. A primeira ANOVA teve como variável

dependente a amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA), e a segunda ANOVA teve como variável dependente a amplitude média de oscilação.

A fim de investigar o comportamento dos participantes perante a movimentação da sala e a manipulação da velocidade de pico do movimento da sala móvel foram realizadas duas análises de multivariância (MANOVA) 4 x 3 (grupos x velocidade), sendo o último fator tratado como medida repetida, e duas análise de variância (ANOVA) 4 x 3 (grupos x velocidade), sendo o último fator tratado como medida repetida. A primeira MANOVA teve como variáveis dependentes o ganho e a fase, e a segunda MANOVA teve como variáveis dependentes a variabilidade de posição e a variabilidade de velocidade. A primeira ANOVA teve como variável dependente a amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA), e a segunda ANOVA teve como variável dependente a amplitude média de oscilação.

Para investigar o comportamento dos participantes na ausência de movimento da sala foi realizada uma análise de multivariância (MANOVA) *one way*, tendo como variáveis dependentes a amplitude média de oscilação na direção ântero-posterior e amplitude média de oscilação na direção médio-lateral.

Quando necessário, os dados foram transformados para que os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância fossem alcançados. Análises univariadas e testes *post hoc* Tukey com ajustes de Bonferroni foram realizados quando preciso. Todas as análises estatísticas

foram realizadas utilizando o programa SPSS (SPSS para Windows – versão 10.0 – SPSS, inc) e o valor de alfa foi mantido em 0,05.

4.3. RESULTADOS

Os resultados serão apresentados em duas partes. Inicialmente serão apresentados os resultados referentes às tentativas em que a sala não foi movimentada e, posteriormente, serão apresentados os resultados referentes às tentativas em que a sala foi movimentada.

COMPORTAMENTO NAS TENTATIVAS SEM MOVIMENTO DA SALA

A Figura 14 apresenta os valores médios da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas direções ântero-posterior e médio-lateral.

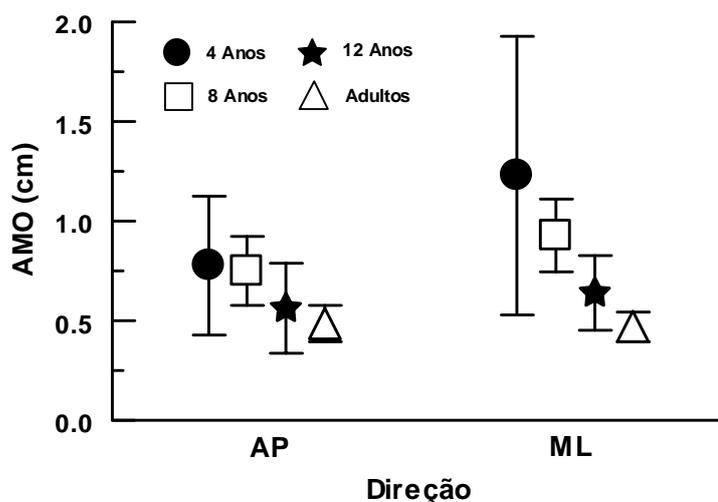


Figura 14: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML).

MANOVA indicou diferença para o fator Grupo, Wilks' Lambda= 0,469, $F(6,70)=5,368$, $p<0,001$. Análises univariadas utilizadas para verificar o fator Grupo apontaram diferenças para as variáveis amplitude média de oscilação na direção ântero-posterior, $F(3,36)=4,970$, $p<0,05$, e amplitude média de oscilação na direção médio-lateral, $F(3,36)=12,669$, $p<0,001$.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos revelaram que, para a amplitude média de oscilação na direção ântero-posterior, as crianças de 4 e 8 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que, para a amplitude média de oscilação na direção médio-lateral, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores que os participantes de 12 anos e adultos jovens e que as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO VISUAL E OSCILAÇÃO CORPORAL

As oscilações corporais das crianças e dos adultos jovens foram induzidas na mesma frequência do estímulo visual em todas as condições experimentais. A Figura 15 apresenta exemplares de séries temporais e amplitudes espectrais da oscilação corporal de todos os grupos e do deslocamento da sala móvel, para ilustrar a influência da sala em uma tentativa de alvo com diâmetro de 5,0 cm na condição tamanho (Figura 15a-h). Pode-se observar que as amplitudes espectrais de oscilação corporal das crianças de 4, 8 e 12 anos de idade bem como a de adultos jovens apresentam um pico definido na frequência do estímulo (0,2 Hz) em todas as condições.

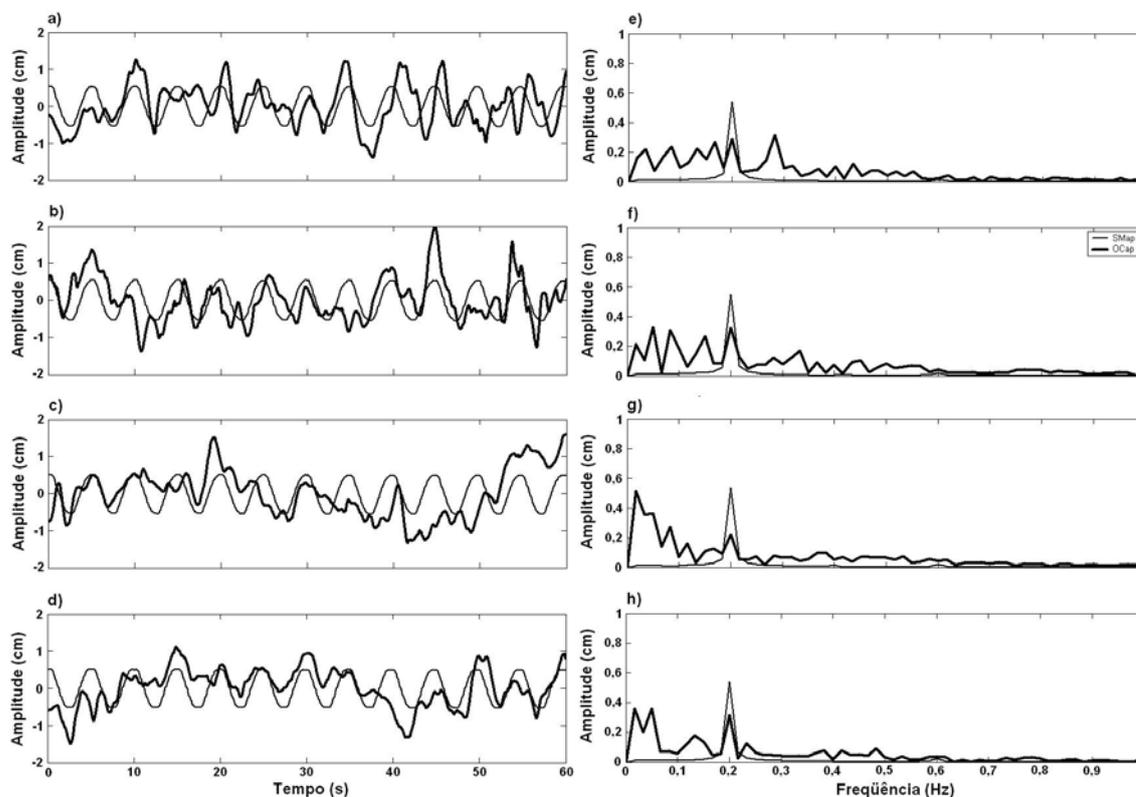


Figura 15: Exemplos de séries temporais e do deslocamento da sala e da oscilação corporal dos participantes de 4 anos (painel a), 8 anos (painel b), 12 anos (painel c) e adultos jovens (painel d) e de amplitudes espectrais deslocamento da sala e da oscilação corporal dos participantes de 4 anos (painel e), 8 anos (painel f), 12 anos (painel g) e adultos jovens (painéis h) durante uma tentativa em que a sala foi movimentada na frequência de 0,2 Hz, com uma velocidade de pico de 0,6 cm/s, e os participantes deveriam olhar para um alvo preto com diâmetro de 5,0 cm. A linha clara refere-se ao deslocamento da sala móvel (SM) e a linha escura às trajetórias da oscilação corporal (OC) dos participantes.

A seguir, os demais resultados referentes às tentativas em que a sala foi movimentada serão apresentados separadamente para cada condição experimental.

4.3.1. Condição Tamanho

4.3.1.1. Ganho e Fase

A Figura 16 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do ganho (a) e da fase (b), para os quatro grupos etários, nos três diâmetros de alvo.

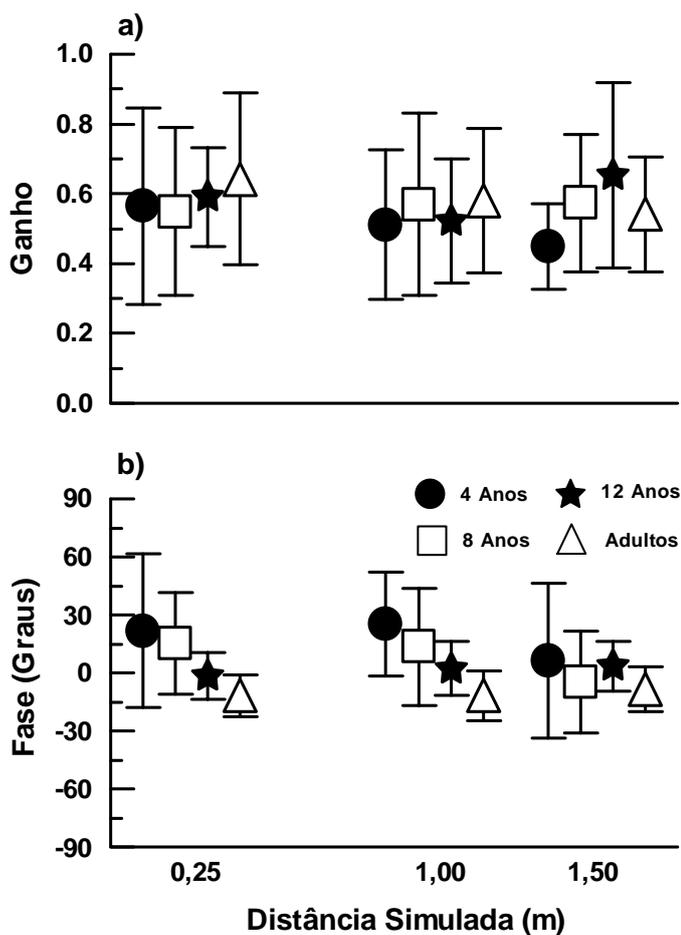


Figura 16: Médias e desvios padrão do ganho (a) e da fase (b) para os quatro grupos, nos três diâmetros de alvo.

MANOVA indicou diferença apenas para o fator Grupo, Wilks' Lambda= 0,496, $F(6,70)=4,894$, $p<0,001$. Análises univariadas utilizadas para verificar o fator Grupo apontaram diferenças somente para a variável fase, $F(3,36)=9,173$, $p<0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças nos valores de fase entre os grupos revelaram que as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores de fase que os participantes de 12 anos e os adultos jovens e que as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores de fase que os adultos jovens.

4.3.1.2. Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade

A Figura 17 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da variabilidade de posição (a) e da variabilidade de velocidade (b) nos três diâmetros de alvo, para os quatro grupos etários.

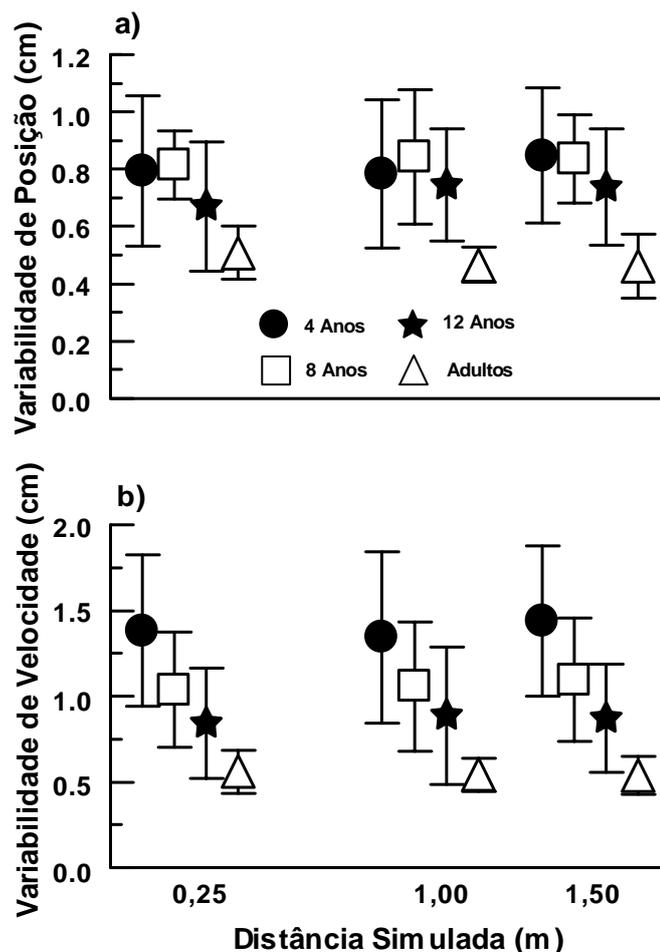


Figura 17: Médias e desvios padrão da variabilidade de posição (a) e variabilidade de velocidade (b) para os quatro grupos, nos três diâmetros do alvo.

MANOVA indicou diferença apenas para o fator Grupo, Wilks' Lambda = 0,332, $F(6,70)=8,583$, $p<0,001$. Análises univariadas utilizadas para verificar o fator grupo apontaram diferenças para as variáveis variabilidade de posição, $F(3,36)=9,014$, $p<0,001$, e variabilidade de velocidade, $F(3,36)=19,937$, $p<0,001$.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos indicaram que, para a variabilidade de posição, os participantes de 4, 8 e 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que, para a variabilidade de velocidade, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores que os participantes de 12 anos e adultos jovens, que as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que os participantes de 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

4.3.1.3. Amplitude de Oscilação na Freqüência do Estímulo (SFSA)

A Figura 18 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude de oscilação na freqüência do estímulo (SFSA) nos três diâmetros do alvo. ANOVA não indicou diferença para os fatores Grupo e Diâmetro nem para a interação entre os fatores Grupo e Diâmetro.

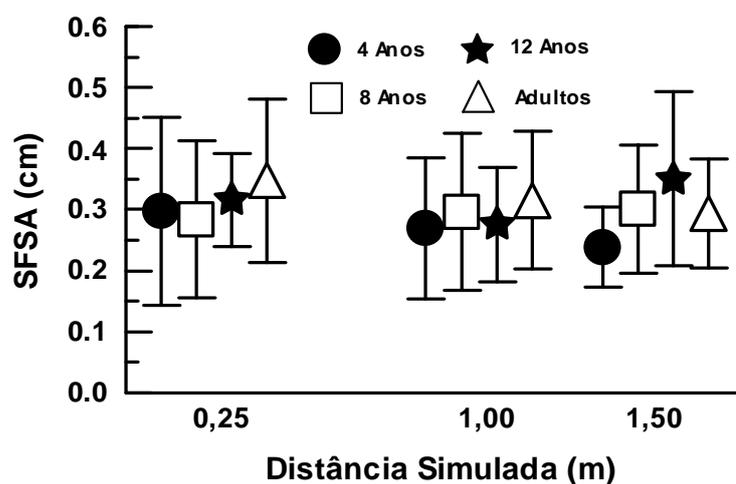


Figura 18: Médias e desvios padrão da amplitude de oscilação na freqüência do estímulo (SFSA) para os quatro grupos, nos três diâmetros do alvo.

4.3.1.4. Amplitude Média de Oscilação

A Figura 19 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude média de oscilação nos três diâmetros, para os quatro grupos etários. ANOVA indicou diferença apenas para o fator Grupo, $F(3,36)=9,052$, $p<0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos indicaram que os participantes de 4, 8 e 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

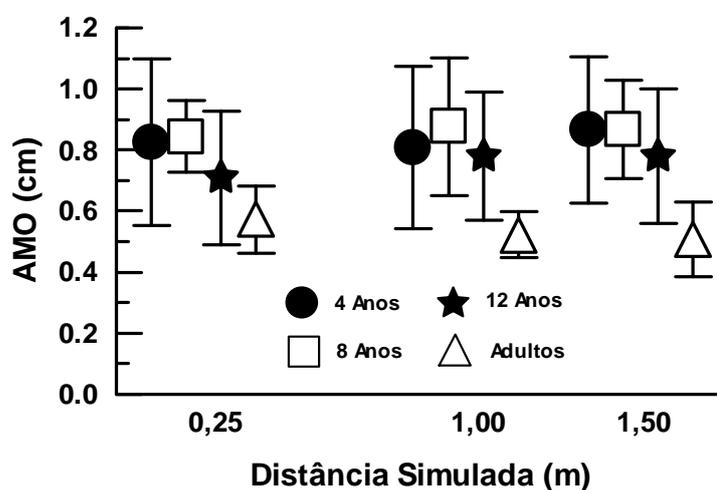


Figura 19: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nos três diâmetros do alvo.

4.3.2. Condição Contraste

4.3.2.1. Ganho e Fase

A Figura 20 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do ganho (a) e da fase (b), para os quatro grupos etários, nas cinco condições de contraste de alvo. MANOVA não indicou diferença para os fatores Grupo e Contraste, e nem para a interação entre os fatores Grupo e Contraste.

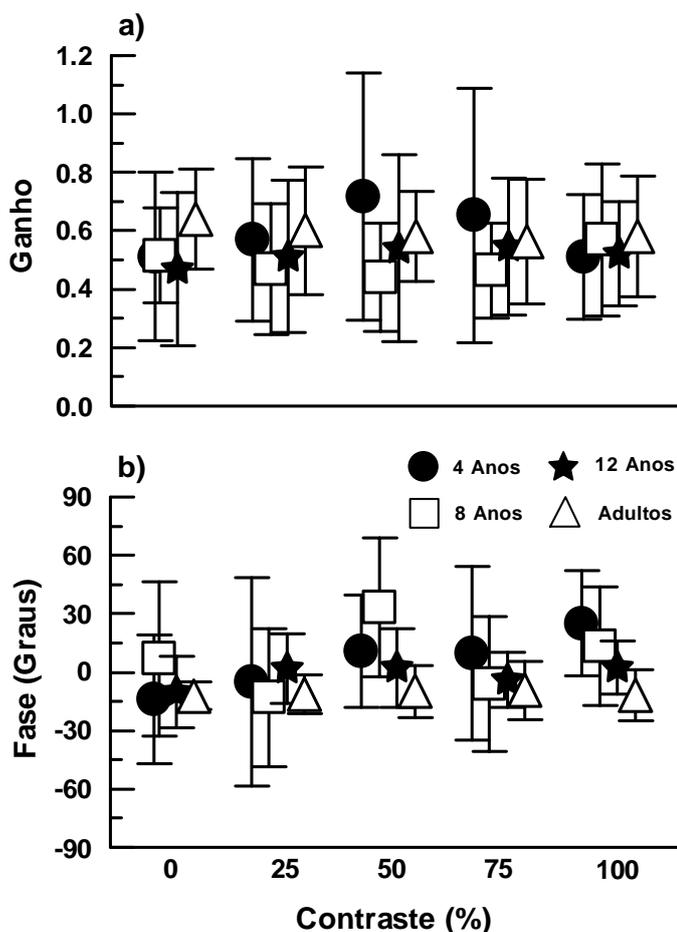


Figura 20: Médias e desvios padrão do ganho (a) e da fase (b) para os quatro grupos, nas cinco condições de contraste de alvo.

4.3.2.2. Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade

A Figura 21 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da variabilidade de posição (a) e da variabilidade de velocidade (b) nas cinco condições de contraste de alvo.

MANOVA indicou diferença apenas para o fator Grupo, Wilks' Lambda = 0,262, $F(6,70)=11,128$, $p<0,001$. Análises univariadas utilizadas para verificar o fator grupo apontaram diferenças para as variáveis variabilidade de

posição, $F(3,36)=20,994$, $p<0,001$, e variabilidade de velocidade, $F(3,36)=21,097$, $p<0,001$.

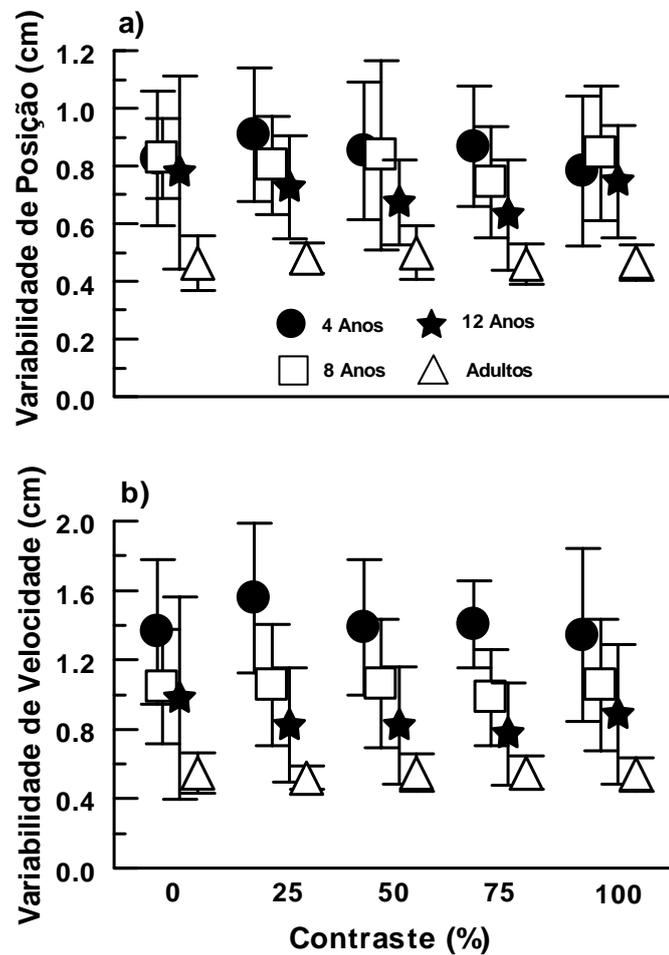


Figura 21: Médias e desvios padrão da variabilidade de posição (a) e variabilidade de velocidade (b) para os quatro grupos, nas cinco condições de contraste de alvo.

Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos indicaram que, para a variabilidade de posição, os participantes de 4, 8 e 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que, para a variabilidade de velocidade, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores que os participantes de 12 anos e adultos jovens, que as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que os participantes de 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

4.3.2.3. Amplitude de Oscilação na Frequência do Estímulo (SFSA)

A Figura 22 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA) nas cinco condições de contraste de alvo, para os quatro grupos etários. ANOVA não indicou diferença para os fatores Grupo e Contraste, nem para a interação entre os fatores Grupo e Contraste.

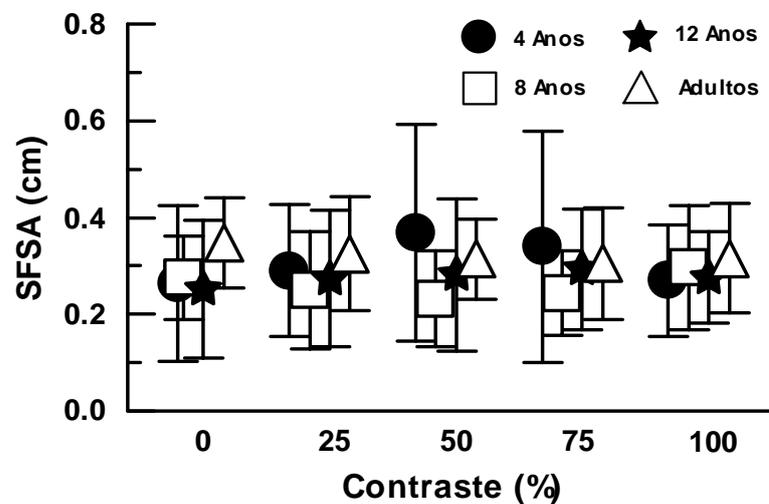


Figura 22: Médias e desvios padrão da amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA) para os quatro grupos, nas cinco condições de contraste de alvo.

4.3.2.4. Amplitude Média de Oscilação

A Figura 23 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude média de oscilação nas cinco condições de contraste de alvo, para os quatro grupos etários. ANOVA indicou diferença apenas para o fator Grupo, $F(3,36)=12,071$, $p<0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos indicaram que os participantes de 4, 8 e 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

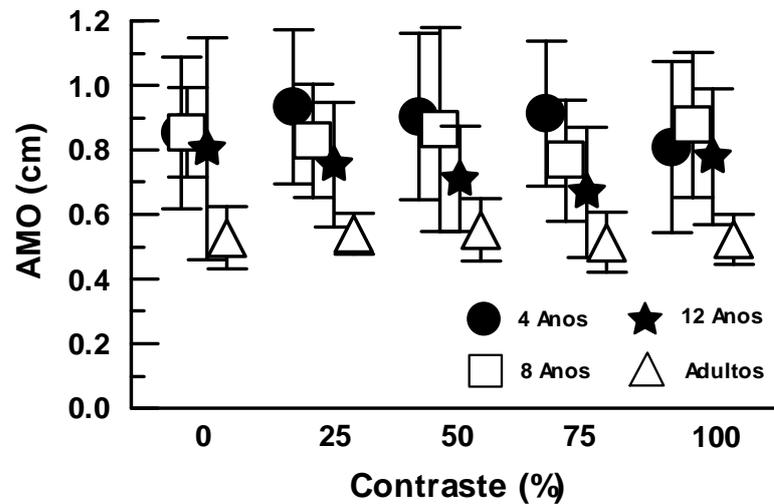


Figura 23: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas cinco condições de contraste de alvo.

4.3.3. Condição Velocidade

4.3.3.1. Ganho e Fase

A Figura 24 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, do ganho (a) e da fase (b) nas três velocidades de pico do movimento da sala, para os quatro grupos etários. MANOVA indicou diferença para os fatores Grupo, Wilks' Lambda= 0,610, $F(6,68)=3,179$, $p<0,05$, e Velocidade, Wilks' Lambda = 0,435, $F(4,32)=10,379$, $p<0,001$.

Análises univariadas utilizadas para verificar o fator Grupo apontaram diferenças para a variável fase, $F(3,35)=6,791$, $p<0,05$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos revelaram que as crianças de 4 e 8 anos apresentaram maiores valores de fase que os adultos jovens.

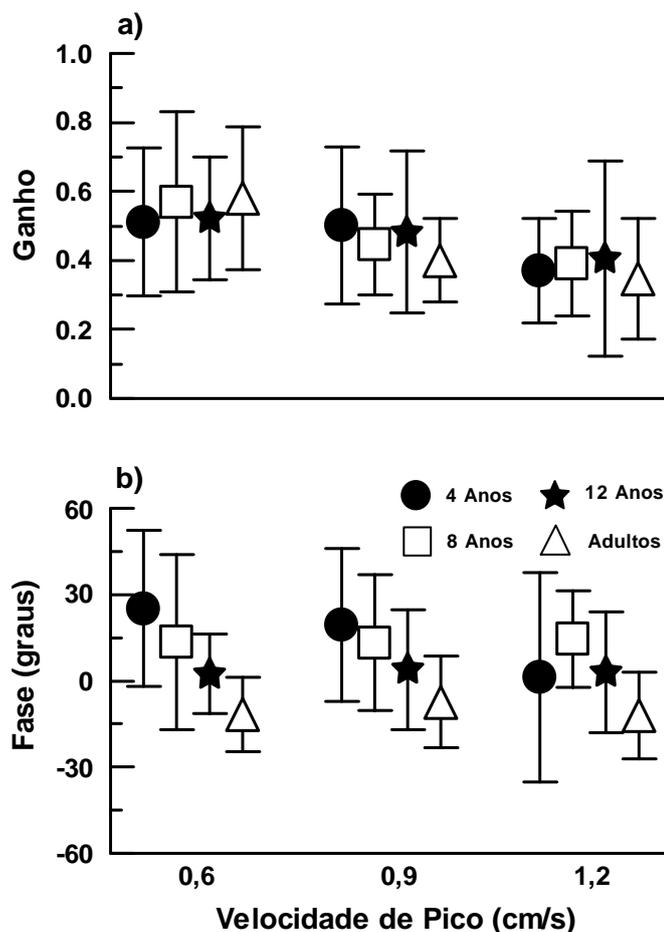


Figura 24: Médias e desvios padrão do ganho (a) e da fase (b) para os quatro grupos, nas três velocidades de pico do movimento da sala.

Análises univariadas utilizadas para verificar o fator Velocidade apontaram diferenças para a variável ganho, $F(2,70)=17,433$, $p<0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre as velocidades revelaram que os valores de ganho foram maiores quando a sala foi movimentada com velocidade de pico de 0,6 cm/s do que quando a sala foi movimentada com velocidade de pico de 1,2 cm/s.

4.3.3.2. Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade

A Figura 25 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da variabilidade de posição (a) e da variabilidade de velocidade (b) nas três velocidades de pico do movimento da sala, para os quatro grupos etários. MANOVA indicou diferença apenas para o fator Grupo, Wilks' Lambda = 0,347, $F(6,68)=7,894$, $p<0,001$.

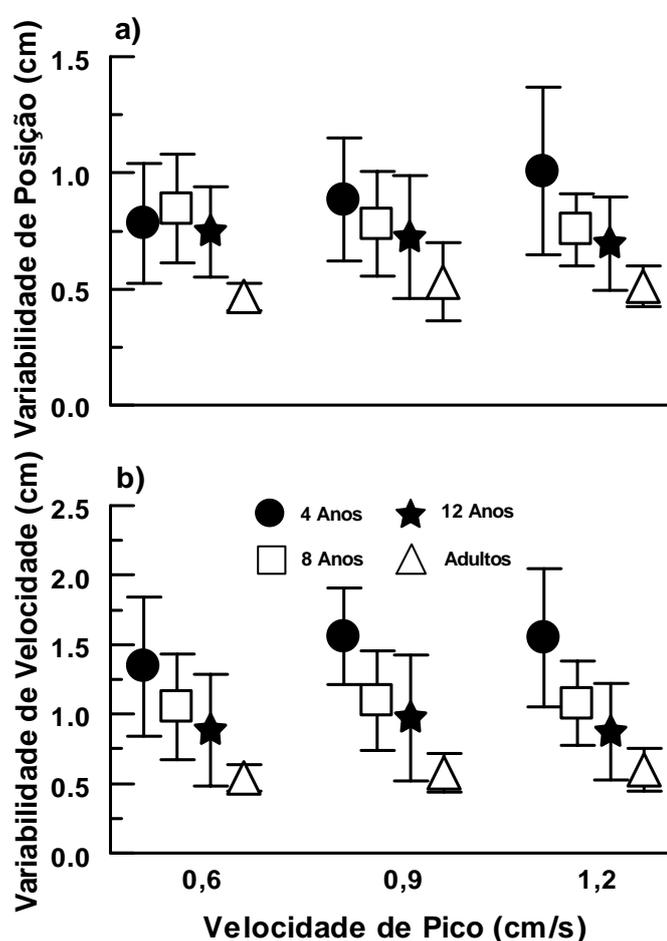


Figura 25: Médias e desvios padrão da variabilidade de posição (a) e variabilidade de velocidade (b) para os quatro grupos, nas três velocidades de pico do movimento da sala.

Análises univariadas utilizadas para verificar o fator grupo apontaram diferenças para as variáveis variabilidade de posição,

$F(3,35)=10,023$, $p<0,001$, e variabilidade de velocidade, $F(3,35)=19,182$, $p<0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos indicaram que, para a variabilidade de posição, os participantes de 4, 8 e 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que, para a variabilidade de velocidade, as crianças de 4 anos apresentaram maiores valores que os participantes de 12 anos e os adultos jovens, que as crianças de 8 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens e que os participantes de 12 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

4.3.3.3. Amplitude de Oscilação na Frequência do Estímulo (SFSA)

A Figura 26 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA) nas três velocidades de pico do movimento da sala, para os quatro grupos etários.

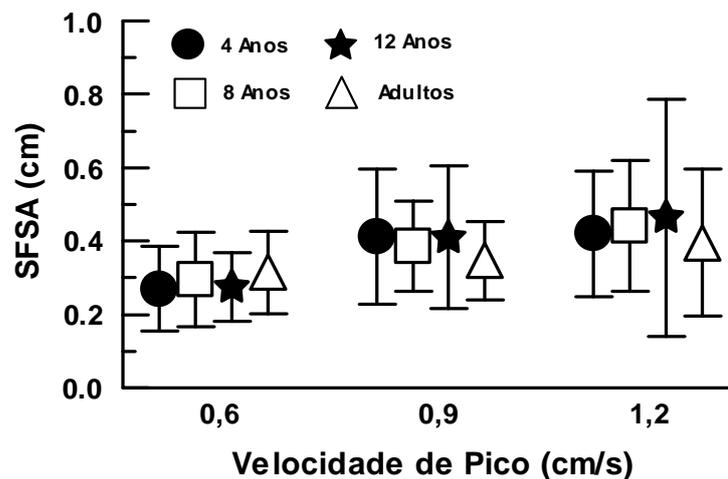


Figura 26: Médias e desvios padrão da amplitude de oscilação na frequência do estímulo (SFSA) para os quatro grupos, nas três velocidades de pico.

ANOVA indicou diferença apenas para o fator Velocidade, $F(2,70)=15,934$, $p<0,001$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças

entre as velocidades revelaram que os valores de SFSA foram menores quando a sala foi movimentada com a velocidade de pico de 0,6 cm/s do que quando ela foi movimentada com velocidades de pico de 0,9 cm/s e 1,2 cm/s.

4.3.3.4. Amplitude Média de Oscilação

A Figura 27 apresenta os valores médios, e respectivos desvios padrão, da amplitude média de oscilação nas três velocidades de pico do movimento da sala, para os quatro grupos etários. ANOVA indicou diferença apenas para o fator Grupo, $F(3,35)=5,406$, $p<0,05$. Testes *post hoc* realizados para verificar diferenças entre os grupos indicaram que as crianças de 4 e 8 anos apresentaram maiores valores que os adultos jovens.

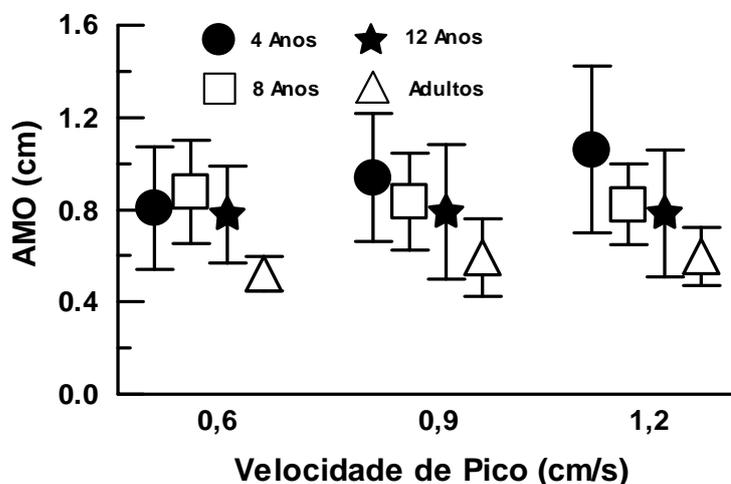


Figura 27: Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação (AMO) para os quatro grupos, nas três velocidades de pico do movimento da sala.

4.4. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças de 4, 8 e 12 anos de idade e adultos jovens frente às alterações do diâmetro do alvo, do contraste do alvo e da velocidade de pico do movimento da sala. De maneira geral, os resultados indicaram que o relacionamento temporal e a variabilidade do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foram dependentes da idade em todas as condições. O diâmetro e o contraste do alvo não influenciaram o acoplamento. A velocidade de pico do movimento da sala influenciou o acoplamento, mas esta influência não foi dependente da idade já que, para todos os participantes, o acoplamento diminuiu a medida que a velocidade de pico da sala aumentou.

Da mesma forma como observado no primeiro estudo, os resultados do presente estudo confirmam resultados de estudos anteriores em alguns aspectos e, em outros, oferecem conhecimento novo e relevante para o entendimento das mudanças desenvolvimentais observadas no acoplamento entre percepção e ação e, conseqüentemente, contribuem para a ampliação do conhecimento sobre o desenvolvimento do sistema de controle postural. A fim de melhor discutir estes aspectos, eles serão abordados em tópicos separados.

4.4.1. Sistema de Controle Postural

Como já discutido no primeiro estudo, o desenvolvimento do sistema de controle postural tem sido inferido por meio das oscilações

corporais e diversos estudos têm observado uma maior oscilação corporal (FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987), velocidade de oscilação (TAGUCHI; TADA, 1988) e área de oscilação (TAGUCHI; TADA, 1988; USUI; MAEKAWA; HIRASAWA, 1995; WOLFF; ROSE; JONES; BLOCH; OEHLERT; GAMBLE, 1998) em crianças mais jovens quando comparadas a crianças mais velhas e a adultos jovens.

Recentemente, tem sido sugerido que estas diferenças desenvolvimentais observadas podem estar relacionadas às alterações no funcionamento do sistema de controle postural (GODOI, 2004) que, de acordo com Barela, Jeka e Clark (2003), é resultado da aquisição e refinamento de relacionamentos flexíveis e estáveis entre as informações sensoriais e as oscilações corporais. A partir destas considerações, as oscilações corporais dos participantes deste estudo serão discutidas tanto nas tentativas em que a sala móvel permaneceu estacionária quanto nas tentativas em que a sala móvel foi movimentada.

Durante a tentativa em que a sala móvel não foi movimentada, os resultados revelaram que, na direção ântero-posterior, as crianças de 4 e 8 anos oscilaram mais que os adultos jovens e, na direção médio-lateral, as crianças de 4 anos oscilaram mais que os participantes de 12 anos e os adultos jovens. Estes resultados estão de acordo com resultados de estudos anteriores (p.ex., FIGURA; CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; RIACH; HAYES, 1987; TAGUCHI; TADA, 1988) que observaram que as crianças mais novas oscilam mais que as crianças mais velhas e os adultos quando em situações de estímulo visual estacionário.

Nas tentativas em que a sala móvel foi movimentada, na condição de manipulação da velocidade de pico da sala, as crianças de 4 e 8 anos oscilaram mais que os adultos jovens e, na condição de manipulação do diâmetro e do contraste do alvo, os participantes de 4, 8 e 12 anos oscilaram mais que os adultos jovens. Esta maior oscilação das crianças quando comparadas aos adultos jovens têm sido observada em estudos anteriores (p.ex., GODOI, 2004; POLASTRI, 2007).

Godoi (2004) observou que, quando participantes de 4, 6, 8, 10, 12 e 14 anos e adultos jovens foram submetidos ao movimento da sala móvel, as crianças de até 10 anos oscilaram mais que os adultos jovens. No estudo de Polastri (2007), quando participantes de 4, 8 e 12 anos e adultos jovens foram submetidos à mesma situação de conflito sensorial do estudo de Godoi (2004), as crianças de até 8 anos oscilaram mais que os adultos jovens. Assim, embora Polastri (2007) não tenha avaliado crianças de 10 anos, foi encontrado, assim como Godoi (2004), que o desempenho e funcionamento do sistema de controle postural foram similares aos exibidos por adultos jovens somente por volta dos 12 anos de idade.

Entretanto, no presente estudo, nem aos 12 anos de idade o desempenho e funcionamento do sistema de controle postural foram similares aos exibidos pelos adultos jovens. A razão para estas diferenças entre os resultados obtidos neste estudo e os obtidos em estudos anteriores (GODOI, 2004; POLASTRI, 2007) pode estar na estrutura do fluxo ótico utilizada.

Nos estudos anteriores o fluxo ótico foi criado por meio da utilização de uma sala móvel constituída de uma armação de ferro em formato

cúbico, revestida por madeira na parte posterior, nas laterais e no teto, e com as paredes internas da sala pintadas de branco com faixas pintadas em preto, formando listras verticais. No presente estudo, embora a sala móvel utilizada também tenha sido constituída de uma armação de ferro em formato cúbico, uma estrutura metálica curvilínea, revestida de madeira pintada de branco, foi afixada no interior da sala móvel.

Dessa forma, ao ser movimentada, a sala móvel dos estudos anteriores fornecia um fluxo ótico com uma estrutura muito bem definida, com fluxos central e periférico. Enquanto que no presente estudo, a sala móvel não fornecia um fluxo ótico com uma estrutura tão bem definida já que, por ser toda branca, ela possuía menos elementos de textura e a principal referência era fornecida pelo alvo posicionado a frente (o fluxo ótico principalmente central). Considerando que se o ambiente é não estruturado, ele não proporciona informação sobre o ambiente (GIBSON, 1979), estas variações na estrutura do fluxo ótico podem explicar as diferenças observadas entre os estudos.

Apesar destas diferenças na estrutura do fluxo, tanto nos estudos anteriores (GODOI, 2004; POLASTRI, 2007) quanto neste estudo, a idade em que os participantes exibiram comportamentos semelhantes aos adultos jovens foi diferente nas tentativas em que a sala móvel permaneceu estacionária e nas tentativas em que a sala móvel foi movimentada. Por exemplo, no presente estudo, na situação de estímulo visual estacionário, até os 8 anos de idade as crianças oscilaram mais que os adultos jovens e, quando submetidas à situação de conflito sensorial em virtude da movimentação da sala, nas

condições de diâmetro e contraste do alvo, os participantes de até 12 anos oscilaram mais que os adultos jovens.

Da mesma forma, Godoi (2004) observou que, quando submetidas à situação de conflito sensorial, até os 10 anos de idade, as crianças não apresentaram oscilações corporais similares aos adultos jovens sendo que, em situações estacionárias, estas diferenças foram observadas somente até os 8 anos. Ainda, POLASTRI (2007) verificou que, quando submetidas à situação de movimento da sala móvel, as crianças de 8 anos oscilaram mais do que adultos jovens, o que não foi observado na situação estacionária da sala, na qual estas crianças demonstraram oscilações corporais semelhantes aos adultos jovens.

Portanto, parece que, como já sugerido por Godoi (2004) e Polastri (2007), a observação de desempenho similar ao de adultos jovens no comportamento da oscilação corporal é dependente do contexto no qual a tarefa está sendo realizada (FIGURA CAMA; CAPRANICA; GUIDETTI; PULEJO, 1991; HORAK; MACPHERSON, 1996; STREEPEY; ANGULO-KINZLER, 2002) e pode indicar diferenças no funcionamento do sistema de controle postural (GODOI, 2004; GODOI; BARELA, 2008).

Diversas explicações para estas alterações no funcionamento do sistema de controle postural ao longo dos anos têm sido sugeridas. Em geral, elas estão relacionadas às mudanças na utilização e integração das informações sensoriais provenientes de múltiplas fontes sensoriais (LEE; ARONSON, 1974; WOLLACOTT, DEBÚ; MOWATT, 1987; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985; WOOLLACOTT, 1988; BARELA; FREITAS JÚNIOR;

GODOI; POLASTRI, 2001; BARELA; POLASTRI; FREITAS JÚNIOR; GODOI, 2003; GODOI, 2004; BOMFIM; POLASTRI; BARELA, 2006; PETERSEN; CHRISTOU; ROSENGREN, 2006).

De acordo com a proposta de Woollacott e colegas (por exemplo, WOOLLACOTT, 1988; WOLLACOTT, DEBÚ; MOWATT, 1987), as mudanças observadas ao longo do ciclo desenvolvimental seriam resultado de mudanças da dominância das informações sensoriais utilizadas pelo sistema de controle postural a fim de alcançar e manter a postura desejada (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985). Dessa forma, com o passar dos anos, haveria uma alternância na dominância de uma ou outra informação sensorial utilizada pelo sistema de controle postural. Entre os 2 e 5 anos de vida, por exemplo, a visão seria dominante em relação aos demais canais sensoriais (WOLLACOTT, DEBÚ; MOWATT, 1987) e, ainda, haveria uma forte dependência da visão nos períodos que antecedem os grandes marcos motores, tais como sentar, engatinhar e ficar em pé (WOOLLACOTT, 1988).

Ainda, de acordo com esta proposta de dominância na utilização das informações sensoriais (WOOLLACOTT, 1988; WOOLLACOTT; DEBÚ; MOWATT, 1987), a partir dos 8 anos de idade haveria a dominância das informações somatossensoriais sobre as visuais e vestibulares, contribuindo significativamente para o controle da postura e, por esse motivo, as crianças deveriam apresentar desempenho no controle postural semelhante ao observado em adultos.

Entretanto, os resultados do presente estudo e de estudos anteriores (p.ex., GODOI, 2004; GODOI; BARELA, 2008; POLASTRI, 2007)

demonstraram que diferenças no desempenho do controle postural entre adultos jovens e crianças se estendem até, no mínimo, a primeira década de vida. Estes resultados contrariam as sugestões de que, por volta dos 8 anos, o funcionamento do sistema de controle postural já seria similar ao de adultos (WOLLACOTT, DEBÚ; MOWATT, 1987; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985).

A esse respeito, Polastri (2007) sugeriu que as diferenças entre adultos e crianças podem ser decorrentes de mudanças nos processos que envolvem a integração das informações sensoriais, como por exemplo, aqueles utilizados para a definição da importância e/ou utilidade de cada fonte sensorial para o controle postural em determinada situação ambiental (POLASTRI, 2007). A partir dos resultados do presente estudo, é possível acrescentar que além de ocorrerem mudanças na maneira como o sistema de controle postural define o peso ou a importância de diversas fontes de informação sensorial para estimar precisamente a posição e orientação do corpo no espaço, como sugerido por Polastri (2007), a estrutura do fluxo ótico também pode influenciar a obtenção da informação ótica necessária para este funcionamento adaptativo do sistema de controle postural.

4.4.2. Diâmetro do Alvo e Acoplamento entre Informação Visual e Oscilação Corporal

O acoplamento entre informação visual e oscilação corporal permitiu investigar o funcionamento do sistema de controle postural de crianças

e adultos jovens; especificamente, como a informação sensorial é utilizada para controlar a oscilação corporal em crianças. Como neste estudo o diâmetro do alvo foi manipulado, também foi possível investigar como crianças e adultos se adaptam às alterações desta característica do estímulo visual.

Os resultados revelaram que o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal não foi influenciado pelo diâmetro do alvo. Dessa forma, mesmo com a alteração da razão de expansão do ambiente projetado na retina, em virtude da manipulação do diâmetro dos alvos, não foram observadas alterações no funcionamento do sistema de controle postural. Segundo consta, não há relatos na literatura sobre o comportamento das oscilações corporais de crianças diante de alterações da razão de expansão de estímulos visuais móveis, apenas de estímulos visuais estáticos (GODOI; BARELA, 2006).

Na tentativa de investigar a influência do tamanho da imagem projetada na retina sobre o controle postural de crianças de 8 anos e adultos jovens Godoi e Barela (2006) realizaram um estudo no qual manipularam a distância entre os participantes e o cenário visual estático, mantendo o diâmetro do alvo constante, e manipularam o diâmetro do alvo, mantendo a distância constante. Na condição denominada distância, os participantes permaneceram a 25, 50, 100 e 200 cm de distância de um alvo com diâmetro de 5 cm, o que representou ângulos de, respectivamente, 5,71, 2,86, 1,43 e 0,72 graus no ângulo visual total. Na condição denominada alvo, os participantes permaneceram a 100 cm de alvos com diâmetros de 20, 10, 5 e 2,5 cm, o que representou ângulos de, respectivamente, 5,71, 2,86, 1,43 e 0,72

graus no ângulo visual total. Os resultados revelaram que, quando as distâncias foram manipuladas, as crianças de 8 anos oscilaram mais que os adultos jovens e que, tanto crianças quanto adultos oscilaram mais a medida que ficaram mais distantes do alvo. Por outro lado, quando os diâmetros dos alvos foram manipulados, nenhuma diferença foi observada entre os grupos ou entre os alvos. A partir destes resultados, os autores concluíram que a maior oscilação corporal observada com o aumento da distância entre o participante e o alvo não é decorrente apenas da alteração do tamanho do alvo projetado na retina, mas também de outras informações disponíveis no ambiente ao redor do indivíduo, e que se modificam à medida que o indivíduo se afasta do alvo.

Entretanto, diante das diferenças observadas no comportamento de adultos decorrentes da manipulação da distância entre os participantes e estímulos visuais estáticos (DIJKSTRA; GIELEN; MELIS, 1992; DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994; PAULUS; STRAUBE; KRAFCZYK; BRANDT, 1989) e móveis (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994) era necessário investigar o comportamento de crianças também em situações de estímulos visuais móveis, como realizado no presente estudo. Portanto, os resultados do presente estudo ampliam o conhecimento sobre o sistema de controle postural ao demonstrar que, assim como observado em adultos (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994), as crianças também não alteram o comportamento de suas oscilações corporais em função da mudança da razão de expansão do alvo projetado na retina. Estes resultados indicam que mesmo crianças tão jovens quanto 4 anos de idade são capazes de dinamicamente se

adaptar às mudanças na imagem projetada na retina, como sugerido para adultos por Dijkstra e colegas (1994).

4.4.3. Contraste do Estímulo Visual e Acoplamento entre Informação Visual e Oscilação Corporal

O contraste foi outra característica do estímulo visual investigada neste estudo. Ao manipular o contraste de um cenário visual móvel foi possível examinar a influência do contraste no funcionamento do sistema de controle postural de crianças e adultos jovens. De forma geral, os resultados revelaram que o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal não foi influenciado pelo contraste do alvo. Dessa forma, o funcionamento do sistema de controle postural de crianças e adultos jovens não se alterou com a variação do contraste do estímulo visual de 0% (ausência de bordas ou limites entre o alvo e o fundo) a 100% (máximo contraste).

Os estudos encontrados na literatura não investigaram o comportamento das oscilações corporais de crianças e adultos diante de alterações do contraste de estímulos visuais móveis, como realizado no presente estudo. De maneira geral, os estudos investigaram o limiar de contraste (p.ex., THIBAUT; BROSSEAU-LACHAINE; FAUBERT; VITAL-DURAND, 2007) ou a sensibilidade ao contraste (p.ex., MÄNTYJÄRVI; LAITINEN, 2001) de estímulos visuais estáticos. E, mesmo quando o contraste foi investigado em estímulos visuais móveis, os participantes deveriam discriminar a direção do movimento (BURR; SANTORO, 2001) ou padrões de

expansão do estímulo visual (ALLEN; DERRINGTON, 2000) e não utilizar esta característica do estímulo visual para manter a postura desejada.

Dessa forma, embora tenham sido observadas diferenças na sensibilidade ao contraste de estímulos visuais estáticos ao longo dos anos (p.ex., MÄNTYJÄRVI; LAITINEN, 2001) bem como diferenças no tempo para a discriminação de movimento quando o contraste de estímulos visuais móveis foi manipulado (BURR; SANTORO, 2001), não houve diferença na utilização desta característica do estímulo visual pelo sistema de controle postural das crianças e dos adultos do presente estudo.

No presente estudo, a influência do contraste no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi investigada por meio da manipulação do contraste de um alvo circular (diâmetro de 5 cm) posicionado a 100 cm dos participantes. Nesta distância, o alvo utilizado representou um ângulo de 1,43 graus no ângulo visual total, o que pode ter sido insuficiente para criar um ambiente estruturado.

Quando o ambiente é homogêneo, sem diferença de intensidade em diferentes partes, Gibson (1979) afirma que o mesmo não tem estrutura. Para ser estruturado, o ambiente não pode ser homogêneo, indiferenciado, vazio e sem forma, mas, ao contrário, deve ser heterogêneo, diferenciado, cheio e deve ter forma (GIBSON, 1979). Portanto, parece que o ambiente criado no presente estudo não foi estruturado o suficiente para fornecer informação ótica. Talvez, se o ambiente fosse mais estruturado, por exemplo, com variação do contraste em uma área maior do campo visual total, a

variação do contraste pudesse influenciar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal.

4.4.4. Velocidade do Estímulo Visual e Acoplamento entre Informação Visual e Oscilação Corporal

A velocidade de pico do estímulo visual foi manipulada com o intuito de investigar a influência desta alteração da magnitude do estímulo no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças e adultos jovens. Os resultados revelaram que a velocidade do estímulo influenciou o acoplamento, mas esta influência não foi dependente da idade. Assim, para todos os participantes, o acoplamento diminuiu à medida que a velocidade de pico da sala aumentou.

Dessa forma, mesmo sem conhecimento prévio sobre as alterações do estímulo visual e, principalmente, sem perceber explicitamente (por exemplo, verbalizando que a sala foi movimentada) a manipulação do estímulo visual durante a realização do teste, o sistema de controle postural de crianças e adultos alterou o seu funcionamento.

Estes resultados estão de acordo com estudos anteriores (p.ex., BARELA; POLASTRI; GODOI; WEIGELT; JEKA, EM PREPARAÇÃO), nos quais o funcionamento do sistema de controle postural foi alterado frente a grandes mudanças da amplitude e/ou velocidade do estímulo visual. Diversos estudos têm investigado os processos que levam às alterações no acoplamento entre informação sensorial e oscilação corporal frente às

alterações na amplitude de uma (OIE, KIEMEL, JEKA, 2002; OIE; KIEMEL; BARELA; JEKA, 2005; ALLISON; KIEMEL; JEKA, 2006) ou duas (POLASTRI, 2007) modalidades sensoriais e, recentemente, estes processos têm sido modelados (CARVER; KIEMEL; VAN DER KOOIJ; JEKA, 2005; CARVER; KIEMEL; JEKA, 2006).

De acordo com Schöner, Dijkstra e Jeka (1998), este comportamento adaptativo ocorre porque o sistema de controle postural trabalha em dois modos de funcionamento: automovimento e movimento do objeto. Neste caso, quando a sala foi movimentada em altas velocidades de pico, e conseqüentemente, altas amplitudes, ela induziu oscilações corporais correspondentes nos participantes. Estas maiores oscilações possibilitaram que os movimentos da sala fossem discriminados pelos participantes como movimentos externos ao corpo (movimento do objeto), resultando em diminuição da influência do estímulo visual sobre as oscilações corporais.

É interessante notar que, embora tenha sido observada uma diminuição da influência dos movimentos da sala sobre as oscilações corporais dos participantes, ela não foi nula. Assim, o sistema de controle postural parece não conseguir ignorar totalmente uma informação sensorial quando a mesma está disponível (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004; STROFFREGEN; HOVE; SCHMIT; BARDY, 2006; BONFIM; POLASTRI; BARELA, 2006).

Entretanto, esta influência da magnitude do estímulo visual sobre o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal não foi dependente da idade. Dessa forma, ao contrário do esperado, crianças e adultos jovens foram igualmente influenciados pela manipulação da magnitude do estímulo

visual, o que indica que crianças de 4 anos de idade são tão sensíveis quanto os adultos à velocidade do estímulo visual.

Em síntese, a partir destes resultados é possível concluir que as diferenças observadas entre crianças e adultos não são decorrentes da utilização diferente das características do estímulo visual manipuladas neste estudo.

CAPÍTULO 5.

SÍNTESE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

A utilização das informações visuais por crianças e adultos jovens diante de alterações das características do estímulo visual durante a manutenção da posição em pé foi investigada neste estudo. Para isto a estrutura do fluxo ótico (capítulo 3) e as características de diâmetro, contraste e velocidade do estímulo visual (capítulo 4) foram manipuladas.

De maneira geral, os resultados revelaram que a influência da estrutura do fluxo ótico no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foi dependente da idade e da distância entre o observador e a parede frontal da sala móvel. Ainda, a variabilidade e o relacionamento temporal do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foram dependentes da idade quando o diâmetro, o contraste e a velocidade do estímulo foram manipulados. Entretanto, não foi observada influência do diâmetro e do

contraste do alvo neste acoplamento. Apenas a velocidade do estímulo visual influenciou o acoplamento, mas esta influência não foi dependente da idade.

Como já discutido anteriormente, os resultados provenientes dos dois estudos realizados corroboraram estudos anteriores em alguns aspectos e, em outros, propiciaram conhecimento relevante para a área. No entanto, quando estes resultados, que antes foram apresentados e discutidos separadamente (nos capítulos 3 e 4), são considerados em conjunto, os resultados obtidos são ainda mais interessantes. Isto porque, em diversos aspectos, estes resultados propiciam conhecimento relevante para o entendimento das mudanças desenvolvimentais observadas no acoplamento entre percepção e ação e, conseqüentemente, contribuem para a ampliação do conhecimento sobre o desenvolvimento do sistema de controle postural. A fim de melhor discutir estes aspectos, eles serão abordados em tópicos separados.

5.1. Ambiente Visual Estruturado e Não Estruturado

Ao comparar os resultados obtidos no estudo 1 (Capítulo 3) com os resultados obtidos no estudo 2 (Capítulo 4) alguns aspectos interessantes foram observados, principalmente no que se refere à influência do estímulo visual sobre as oscilações corporais e ao relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal. Quando os resultados obtidos na distância de 100 cm da condição controle do estudo 1 são comparados com os resultados da condição controle (alvo com 5,0 cm de diâmetro, 100% de contraste e velocidade de pico de 0,6 cm/s) do estudo 2, nota-se que, em todos os grupos, a influência do estímulo visual na oscilação corporal dos

participantes (ganho) e o relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal (fase) foram significativamente¹ diferentes entre os estudos 1 e 2. Os participantes foram muito mais influenciados pelo estímulo visual no estudo 1 (ganho $\approx 1,0$) do que no estudo 2 (ganho $\approx 0,5$). Em relação ao relacionamento temporal, os participantes do estudo 2 oscilaram mais a frente do movimento do estímulo visual que os participantes do estudo 1.

Em relação à variabilidade da oscilação corporal, a comparação dos resultados obtidos no estudo 1 e no estudo 2 também revelou diferenças significativas² para o componente de velocidade de oscilação em todos os grupos. Os participantes do estudo 2 exibiram maiores valores de variabilidade de velocidade que os participantes do estudo 1.

A razão para estas diferenças entre os resultados obtidos no estudo 1 e os resultados obtidos no estudo 2 pode estar na estrutura do fluxo ótico utilizada. No estudo 1 o fluxo ótico foi criado por meio da utilização de uma sala móvel constituída de uma armação de ferro em formato cúbico, revestida por madeira na parte posterior, nas laterais e no teto, e com as paredes internas da sala pintadas de branco com faixas pintadas em preto, formando listras verticais. Enquanto que, no estudo 2, embora a sala móvel utilizada também tenha sido constituída de uma armação de ferro em formato cúbico, uma estrutura metálica curvilínea, revestida de madeira pintada de branco, foi afixada no interior da sala móvel.

¹ MANOVA indicou diferença para Condição, Wilks' Lambda = 0,602, $F(2,71)=23,497$, $p<0,001$, para as variáveis ganho, $F(1,72) = 39,876$, $p<0,001$, e fase, $F(1,72) = 4,351$, $p<0,05$.

² MANOVA indicou diferença para Condição, Wilks' Lambda = 0,902, $F(2,71)=3,872$, $p<0,05$, para a variável variabilidade de velocidade, $F(1,72) = 7,491$, $p<0,05$.

Dessa forma, quando movimentada no estudo 1, a sala móvel forneceu um fluxo ótico com uma estrutura muito bem definida, com fluxos central e periférico, o que não aconteceu no estudo 2. Neste estudo, a sala móvel não forneceu um fluxo ótico com uma estrutura tão bem definida visto que, por ser toda branca, a principal referência era fornecida apenas pelo alvo posicionado a frente (fluxo ótico predominantemente central). Considerando que um ambiente não estruturado, não proporciona informação sobre o ambiente (GIBSON, 1979) e que tem sido encontrado que o estímulo visual estruturado é detectado mais rapidamente que o estímulo visual não estruturado por bebês e adultos (VAN DER MEER; FALLET; VAN DER WEEL, 2008), estas variações na estrutura do fluxo ótico podem explicar as diferenças observadas entre os estudos.

Neste sentido, quando o fluxo ótico foi estruturado (estudo 1) os participantes foram mais influenciados pelo estímulo visual (ganho), oscilaram principalmente em frequências próximas à frequência do estímulo (variabilidade de velocidade) e oscilaram aproximadamente juntos com a sala (fase). Entretanto, quando o fluxo ótico não foi tão bem estruturado (estudo 2), já que a principal referência era fornecida por um único alvo posicionado à frente, os participantes não conseguiram obter a informação ótica necessária para serem tão influenciados pelo estímulo como ocorreu no estudo 1. Além disso, a ausência de estrutura parece ter feito com que os participantes tivessem dificuldades em estimar a posição no espaço e, conseqüentemente, eles oscilaram em várias outras frequências além da frequência do estímulo visual.

É interessante notar, ainda, que esta redução da qualidade da estrutura do fluxo ótico também alterou o relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal. Considerando que no estudo 1 o fluxo ótico foi global (fluxos central e periférico) e que no estudo 2 o fluxo ótico foi essencialmente central (proveniente do alvo posicionado a frente), poderia se especular que os participantes têm mais dificuldade de estimar sua posição em relação à posição da sala quando apenas o fluxo central está disponível. Conseqüentemente, quando comparado à situação de fluxo global, o relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal seria diferente. Entretanto, esta sugestão não parece convincente quando os resultados dos estudos 1 e 2 são observados mais minuciosamente.

Se a sugestão acima estivesse correta, não deveria haver diferenças no relacionamento temporal observado na condição em que apenas o fluxo central foi manipulado no estudo 1 e a condição controle do estudo 2. No entanto, ao comparar os resultados obtidos na distância de 100 cm da condição frontal (apenas fluxo central disponível) do estudo 1 com os resultados obtidos na condição controle (alvo com 5,0 cm de diâmetro, 100% de contraste e velocidade de pico de 0,6 cm/s) do estudo 2, também são observadas diferenças significativas³ não apenas no relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal mas também na influência do estímulo sobre as oscilações corporais. Dessa forma, não parece ser simplesmente uma questão de o fluxo central ser menos “informativo” que o

³ MANOVA indicou diferença para Condição, Wilks' Lambda = 0,559, $F(2,70)=27,664$, $p<0,001$, para as variáveis ganho, $F(1,71) = 38,726$, $p<0,001$, e fase, $F(1,71) = 8,183$, $p<0,05$.

fluxo global, mas sim, uma questão de um ambiente apresentar um fluxo ótico com uma estrutura mais definida do que o outro ambiente.

Neste caso, por ser todo branco, com apenas um único alvo posicionado a frente do participante, o ambiente criado no estudo 2 era homogêneo, não apresentava diferença de intensidade em diferentes partes o que o torna um ambiente sem estrutura (GIBSON, 1979). Por outro lado, por ser branco com faixas pintadas em preto, formando listras verticais, o ambiente criado no estudo 1 foi heterogêneo, diferenciado, cheio e com forma, o que Gibson (1979) caracteriza como um ambiente estruturado.

Portanto, parece que o ambiente criado no presente estudo (estudo 2) não foi estruturado o suficiente para fornecer informação ótica que permitisse ao participante, independentemente da idade, estimar a sua posição no espaço em relação à posição da sala e, dessa forma, oscilar aproximadamente junto com a sala.

5.2. Mudanças Desenvolvimentais na Utilização da Informação Visual

As diferenças mais acentuadas entre crianças e adultos foram observadas quando a estrutura do fluxo ótico foi manipulada (Estudo 1). Os resultados revelaram que a influência do estímulo visual (ganho) foi dependente da idade quando a estrutura do fluxo foi manipulada. Entretanto, quando as características de diâmetro, contraste e velocidade do estímulo foram manipuladas separadamente, os resultados não revelaram diferenças entre crianças e adultos jovens no que se refere à influência do estímulo visual

(ganho) sobre as oscilações corporais, mas sim na variabilidade (variabilidade de posição e velocidade) e no relacionamento temporal (fase) do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal.

Dessa forma, quando estas características são manipuladas individualmente, as crianças conseguem utilizá-las de modo aproximadamente igual aos adultos. No entanto, quando várias características do estímulo são manipuladas simultaneamente (como no Estudo 1), as crianças não conseguem utilizar a informação visual do mesmo modo que os adultos jovens.

Num primeiro momento estes resultados parecem contraditórios já que, por ser um ambiente em que várias características do estímulo são apresentadas, o ambiente do Estudo 1 é um ambiente heterogêneo, diferenciado, cheio e com forma, ou seja, um ambiente estruturado (GIBSON, 1979). Por esse motivo, ele proporciona mais informação sobre o ambiente (GIBSON, 1979) do que um ambiente não tão bem estruturado, no qual as características do estímulo visual foram manipuladas separadamente (Estudo 2). Dessa forma, esta abundância de informação deveria ser útil para as crianças, que poderiam se beneficiar desta rica informação ótica para controlar a postura de modo semelhante ao adulto.

Entretanto, o que se observa é justamente o oposto. Quando o ambiente é mais estruturado, as diferenças entre crianças e adultos jovens são mais acentuadas do que quando o ambiente é menos estruturado. Um olhar mais atento permite constatar que estes resultados são coerentes, já que diversos estudos têm observado diferenças entre crianças e adultos em situações de conflito sensorial (p.ex., FOSTER; SVESTRUP; WOOLLACOTT,

1996; GODOI; BARELA, 2008; PETERSEN; CHRISTOU; ROSENGREN, 2006; POLATRI; BONFIM; BARELA, 2005), ou nas quais as fontes sensoriais estão restritas ou modificadas (p.ex., PORTFORS-YEOMANS; RIACH, 1995; TAGUCHI; TADA, 1988; RIVAL; CEYTE; OLIVIER, 2005). Dessa forma, em situações em que a informação sensorial disponível é abundante, como no Estudo 1, as crianças não conseguem extrair as informações mais importantes e relevantes a fim de estimar de forma precisa a posição do corpo em relação ao ambiente em que ela se encontra (BARELA; JEKA; CLARK, 2003). Por outro lado, nas situações em que apenas alguma característica do estímulo visual é manipulado, como no Estudo 2, as crianças conseguem extrair as informações mais relevantes do mesmo modo que os adultos.

Portanto, a partir destes resultados é possível sugerir que a diferença entre crianças e adultos não está na utilização isolada de cada uma das características do estímulo visual, mas sim na extração das informações relevantes quando todas as características do estímulo presentes no fluxo ótico e, ainda, utilizar estas informações para gerar comandos apropriados para a manutenção e equilíbrio do corpo em uma posição corporal desejada.

5.3. Conclusões

Com base nos resultados obtidos no presente estudo é possível concluir que:

- A estrutura do fluxo ótico não influenciou o relacionamento temporal entre informação visual e oscilação corporal dos participantes de 4, 8 e 12 anos, apenas dos adultos jovens. Dessa

forma, até os 12 anos de idade, os participantes não utilizam a informação ótica disponível nos fluxos global, central e periférico do mesmo modo que os adultos jovens;

- A influência da estrutura do fluxo sobre o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal depende da distância para todos os participantes. Assim, os participantes de 4, 8 e 12 anos e os adultos jovens utilizam do mesmo modo a informação ótica presente nos fluxos central, periférico e global ao longo das distâncias;
- As características de diâmetro e contraste do estímulo visual não influenciam o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de crianças e adultos jovens;
- O aumento da velocidade de pico do estímulo visual reduz a influência do estímulo visual nas oscilações corporais em todos os participantes;
- A influência do estímulo visual é maior quando várias características do estímulo visual são manipuladas simultaneamente (estímulo bem estruturado presente no Estudo 1) do que quando cada característica do estímulo visual é manipulada individualmente (estímulo não tão bem estruturado, como no Estudo 2);
- As diferenças entre crianças e adultos jovens são atenuadas quando as características de diâmetro, contraste e velocidade do estímulo visual são manipuladas isoladamente. Dessa forma, as

diferenças entre crianças e adultos não está na utilização isolada de cada uma das características do estímulo visual, mas sim na extração das informações relevantes quando todas as características do estímulo estão presentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, H.A.; DERRINGTON, A.M. Slow discrimination of contrast-defined expansion patterns. *Vision Research*, v.40, p.735-744, 2000.

ALLISON, L.; KIEMEL, T.; JEKA, J. Multisensory reweighting of vision and touch is intact in healthy and fall-prone older adults. *Experimental Brain Research*, v. 175, p. 342-352, 2006.

ARGENTO, C.; COSENTINO, M.J.; RODRIGUEZ, E. Contrast sensitivity assessment using the visual performance tester. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, v.26, p.806-809, 2000.

ASSAIANTE, C.; WOOLLACOTT, M.; AMBLARD, B. Development of postural adjustment during gait initiation: kinematics and EMG analysis. *Journal of Motor Behavior*, v.32, n.3, p.211-226, 2000.

BARELA, J.A. *Development of postural control: the coupling between somatosensory information and body sway*. 1997. 352f. Tese (Doctor of Philosophy) - College Park, University of Maryland, Maryland, 1997.

BARELA, J.A., FREITAS JÚNIOR, P.B., GODOI, D.; POLASTRI, P.F. The acquisition of sitting position in infants: the coupling between visual information and trunk sway. In: KAMP, J.; LEDEBT, A.; SALVESBERG, G.; THELEN, E. *Advances in motor development and learning in infancy*. Amsterdam: PrintPartners Ipskamp, 2001. p.23-26.

BARELA, J.A., GODOI, D., FREITAS JÚNIOR, P.B.; POLASTRI, P.F. Visual information and body sway coupling in infants during sitting acquisition. *Infant Behavior & Development*, v.23, n.3-4, p.285-287, 2000.

BARELA, J.A., GODOI, D., FREITAS JÚNIOR, P.B.; POLASTRI, P.F. The coupling between visual information and trunk sway in infants and children. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, v.23, suppl., p.S49, 2001.

BARELA, J.A.; JEKA, J.J.; CLARK, J.E. Postural control in children. *Experimental Brain Research*, v.150, n.4, p.434-442, 2003.

BARELA, J.A.; POLASTRI, P.F.; FREITAS JÚNIOR, P.B.; GODOI, D. Efeito da exposição visual no acoplamento entre informação visual e controle postural em bebês. *Revista Paulista de Educação Física*, v.17, n.1, p.16-31, 2003.

BARELA, J. A.; POLASTRI, P. F.; GODOI, D.; WEIGELT, M.; JEKA, J. J. Explicit and implicit knowledge of environment states in postural control (em preparação).

BARRAZA, J.F.; GRZYWACZ, N.M. Parametric decomposition of optic flow by humans. *Vision Research*, v.45, p.2481-2491, 2005.

BERENCSI, A.; ISHIHARA, M.; IMANAKA, K. The functional role of central and peripheral vision in the control of posture. *Human Movement Science*, v.24, p.689-709, 2005.

BETENTHAL, B.I.; BAI, D.L. Infants' sensitivity to optical flow for controlling posture. *Developmental Psychology*, v.25, n.6, p.936-945, 1989.

BONFIM, T. R.; POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Efeito do toque suave e da informação visual no controle da posição em pé de adultos. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 20, n. 1, p. 15-25, 2006.

BRECELJ, J. From immature to mature pattern. *Documenta Ophthalmologica*, v.107, p.215-224, 2003.

BUTTERWORTH, G.; HICKS, L. Visual proprioception and postural stability in infancy: a developmental study. *Perception*, v.6, n.3, p.255-262, 1977.

BURR, D.C.; SANTORO, L. Temporal integration of optic flow, measured by contrast and coherence thresholds. *Vision Research*, v.41, p.1891-1899, 2001.

CARVER, S.; KIEMEL, T., VAN DER KOOIJ, H.; JEKA, J. J. Comparing internal models of the dynamics of the visual environment. *Biological Cybernetics*, v. 92, 147-163, 2005.

CARVER, S.; KIEMEL, T., JEKA, J. J. Modeling the dynamics of sensory reweighting. *Biological Cybernetics*, v. 92, n. 2, 123-134, 2006.

CHUGANI, H. T. A critical period of brain development: studies of cerebral glucose utilization with PET. *Preventive Medicine*, v.27, p.184-188, 1998.

DIJKSTRA, T.M.H.; GIELEN, C.C.A.M.; MELIS, B.J. Postural responses to stationary and moving scenes as a function of distance to the scene. *Human Movement Science*, v.11, p.195-203, 1992.

DIJKSTRA, T.M.H.; SCHÖNER, G.; GIELEN, C.C.A.M. Temporal stability of the action-perception cycle for postural control in a moving visual environment. *Experimental Brain Research*, v.97, n.3, p.477-486, 1994.

DIJKSTRA, T.M.H.; SCHÖNER, G.; GIESE, M.A.; GIELEN, C.C.A.M. Frequency dependence of the action-perception cycle for postural control in a moving visual environment: relative phase dynamics. *Biological Cybernetics*, v.71, n.6, p.489-501, 1994.

EHRENSTEIN, W.H. Basics of seeing movement. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, v.66, p.44-52, 2003.

FIGURA, F.; CAMA, G.; CAPRANICA, L.; GUIDETTI, L.; PULEJO, C. Assessment of static balance in children. *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, v.31, n.2, p.235-242, 1991.

FOSTER, E. C.; SVEISTRUP, H.; WOOLLACOTT, M. H. Transitions in visual proprioception: a cross-sectional developmental study of the effect of visual flow on postural control. *Journal of Motor Behavior*, v. 28, n.2, p.101-112, 1996.

FREITAS JÚNIOR, P.B.; BARELA, J.A. Postural control as a function of self- and object-motion perception. *Neuroscience Letters*, v.369, p.64-68, 2004.

GAREY, G. E.; DE COURTEN, C. Structural development of the lateral geniculate nucleus and visual cortex in monkey and man. *Behavioral Brain Research*, v.10, p.3-13, 1983.

GESELL, A. Maturation and the patterning of behavior. In: MURCHISON, C. (Ed.) *A handbook of child psychology*. 2. ed. New York: Russell & Russell, 1933/1967. p.209-235.

GESELL, A. Reciprocal interweaving in neuromotor development. *The Journal of Comparative Neurology*, v.70, n.2, p.161-180, 1939.

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

GLASAUER, S.; SCHNEIDER, E.; JAHN, K.; STRUPP, M.; BRANDT, T. How the eyes move the body. *Neurology*, v.65, p.1291-1293, 2005.

GOBLE, D.J.; LEWIS, C.A.; HURVITZ, E.A.; BROWN, S.H. Development of upper limb proprioceptive accuracy in children and adolescents. *Human Movement Science*, v.24, p.155–170, 2005.

GODOI, D. *Efeitos da manipulação do estímulo visual no controle postural nas faixas etárias de 4 a 14 anos de idade*. 2004. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

GODOI, D.; BARELA, J.A. Age-related body sway and sensory and motor coupling adaptation in children. In: *Motor Development and Learning in Infancy II: Fundamental Concepts and Applications*, 2., 2005, Murcia, Espanha.

GODOI, D.; BARELA, J.A. Efeito do tamanho da imagem projetada na retina sobre o controle postural de crianças e adultos jovens. In: *Congresso Brasileiro de Comportamento Motor*, 2., 2006, Rio Claro, Brasil.

GODOI, D.; BARELA, J.A. Body sway and sensory motor coupling adaptation in children: effects of distance manipulation. *Developmental Psychobiology*, v.50, p.77-87, 2008.

GORDON, G. E.; MCCULLOCH, D. L. A VEP investigation of parallel visual pathway development in primary school age children. *Documenta Ophthalmologica*, v.99, p.1-10, 1999.

HABAK, C.; CASANOVA, C.; FAUBERT, J. Central and peripheral interactions in the perception of optic flow. *Vision Research*, v.42, p.2843-2852, 2002.

HAY, L.; REDON, C. Development of postural adaptation to arm raising. *Experimental Brain Research*, v.139, n.2, p.224-232, 2001

HIGGINS, C.I.; CAMPOS, J.J.; KERMOIAN, R. Effect of self-produced locomotion on infant postural compensation to optic flow. *Developmental Psychobiology*, v.32, n.5, p.836-841, 1996.

HORAK, F.B.; MACPHERSON, J.M. Postural orientation and equilibrium. In: ROWELL, L.B.; SHERPHERD, J.T. (Ed.) *Handbook of physiology: a critical,*

comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts. New York: Oxford American Physiological Society, 1996. p.255-92.

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, F.M. (Eds.) *Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa*. Versão 1.0. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 1CD-ROM.

HUTTENLOCHER, P. R.; DE COURTEN, C.; GAREY, G. E.; VAN DER LOOS, H. Synaptogenesis in human visual cortex: evidence for synapse elimination during normal development. *Neuroscience Letters*, v.33, p. 247-252, 1982.

JAHN, K; STRUPP, M; KRAFCZYK, S.; SCHÜLER, O.; GLASAUER, S.; BRANDT, T. Suppression of eye movements improves balance. *Brain*, v.125, p.2005-2011, 2002.

JEKA, J.J.; LACKNER, J.R. Fingertip contact influences human postural control. *Experimental Brain Research*, v.100, n.3, p.495-502, 1994.

JEKA, J.J.; LACKNER, J.R. The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control. *Experimental Brain Research*, v.103, n.2, p.267-276, 1995.

JEKA, J.J.; OIE, K.S.; KIEMEL, T. Multisensory information for human postural control: integrating touch and vision. *Experimental Brain Research*, v.134, n.1, p.107-125, 2000.

JEKA, J.J.; OIE, K.; SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.; HENSON, E. Position and velocity coupling of postural sway to somatosensory drive. *Journal of Neurophysiology*, v.79, n.4, p.1661-1674, 1998.

JEKA, J. J.; ALLISON; L.; SAFFER, M.; ZHANG, Y.; CARVER, S.; KIEMEL, T. Sensory reweighting with translational visual stimuli in young and elderly adults: the role of state dependent noise. *Experimental Brain Research*, v.174, 517-527, 2006.

JEKA, J.J.; SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.; RIBEIRO, P.; LACKNER, J.R. Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway. *Experimental Brain Research*, v.113, n.3, p.475-483, 1997.

KAWAKITA, T.; KUNO, S.; MIYAKE, Y.; WATANABE, S. Body sway induced by depth linearvection in reference to central and peripheral visual field. *Japanese Journal of Physiology*, v.50, p.315-321, 2000.

LEDEBT, A.; BRIL, B.; BRENIÈRE, Y. The built-up of anticipatory behavior. *Experimental Brain Research*, v.120, n.1, p.9-17, 1998

LEE, D.N.; ARONSON, E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception and Psychophysics*, v.15, p.529-532, 1974.

LEE, D.N.; LISHMAN, J.R. Visual proprioceptive control of stance. *Journal of Human Movement Studies*, v.1, p.87-95, 1975.

LISHMAN, J.R.; LEE, D.N. The autonomy of visual kinaesthesia. *Perception*, v.2, n.3, p.287-294, 1973.

LORD, S.R.; CLARK, R.D.; WEBSTER, I.W. Visual acuity and contrast sensitivity in relation to falls in an elderly population. *Age and Ageing*, v.20, p.175-181, 1991.

MÄNTYJÄRVI, M.; LAITINEN, T. Normal values for the Pelli-Robson contrast sensitivity test. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, v.27, p.261-266, 2001.

METCALFE, J.; CHEN, L., CHANG, T.; MCDOWELL, K.; JEKA, J. J., CLARK, J. E. The changing temporal organization of posture across the first year of independent walking. *Experimental Brain Research*, v. 161, p. 405-416, 2005.

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

NOUGIER, V.; BARD, C.; FLEURY, M.; TEASDALE, N. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance. *Gait & Posture*, v.5, p.34-41, 1997.

NOUGIER, V.; BARD, C.; FLEURY, M.; TEASDALE, N. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance: developmental aspects. *Journal of Experimental Child Psychology*, v.68, p.202-215, 1998.

OIE, K.S.; KIEMEL, T.; JEKA, J.J. Human multisensory fusion of vision and touch: detecting non-linearity with small changes in the sensory environment. *Neuroscience Letters*, v.315, n.3, p.113-116, 2001.

OIE, K.S.; KIEMEL, T.; JEKA, J.J. Multisensory fusion: simultaneous reweighting of vision and touch for the control of human posture. *Cognitive Brain Research*, v.14, n.1, p.164-176, 2002.

OIE, K. S., KIEMEL, T., BARELA, J. A., & JEKA, J. J. The dynamics of sensory reweighting: a temporal asymmetry. *Gait & Posture*, v. 21, n. 1, S29, 2005.

OWSLEY, C. Contrast sensitivity. *Ophthalmology Clinics of North America*, v.16, p.171-177, 2003.

PARRISH, E.E.; GIASCHI, D.E.; BODEN, C.; DOUGHERTY, R. The maturation of form and motion perception in school age children. *Vision Research*, v.45, p.827-837, 2005.

PAULUS, W.; STRAUBE, A.; BRANDT, T. Visual stabilization of posture: physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain: a journal of neurology*, v. 107, p. 1143-1163, 1984.

PAULUS, W.; STRAUBE, A.; KRAFCZYK, S.; BRANDT, T. Differential effects of retinal target displacement, changing size and changing disparity in the control of anterior/posterior and lateral body sway. *Experimental Brain Research*, v. 78, p.243-252, 1989.

PETERSON, M.L.; CHRISTOU, E.; ROSENGREN, K.S. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*, v.23, p.455-463, 2006.

POLASTRI, P.F. *Processos adaptativos no sistema de controle postural de bebês, crianças e adultos*. 2007. 205f. Tese (Doutorado em Ciências da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

POLASTRI, P.F., BARELA, A.M.F.; BARELA, J.A. Controle postural em idosos: relacionamento entre informação visual e oscilação corporal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9., 2001, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: Escola de Educação Física. UFRGS, 2001. v.2, p.132-137.

POLASTRI, P. F.; BONFIM, T. R.; BARELA, J. A. Efeito do toque suave no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em crianças. *Motriz*, v. 11, n. 1, p. S142, 2005.

POLASTRI, P. F.; GODOI, D.; BARELA, J. A. Efeitos da prática sobre a dinâmica intrínseca do sistema de controle postural em adultos jovens. In: III Seminário de Comportamento Motor. 2002, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: Escola de Educação Física. UFRGS, 2002.

PORTFORS-YEOMANS, C.; RIACH, C.L. Frequency characteristics of postural control of children with and without visual impairment. *Developmental Medicine and Child Neurology*, v.37, p. 456-463, 1995.

PRIOLI, A. C., FREITAS JÚNIOR, P. B., & BARELA, J. A. Physical activity and postural control in the elderly: Coupling between visual information and body sway. *Gerontology*, v. 51, p. 145-148, 2005.

RIACH, C.L. HAYES, K.C. Maturation of postural control in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, v.29, n.5, p.650-658, 1987.

RIACH, C.L.; STARKES, J.L. Visual fixation and postural sway in children. *Journal of Motor Behavior*, v.21, n.3, p.265-276, 1989.

RIVAL, C.; CEYTE, H.; OLIVIER, I. Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters*, v. 376, p.133-136, 2005.

SANTOS, N.A. Tópicos em percepção e processamento visual da forma: acuidade visual versus sensibilidade ao contraste. *Revista Estudos e Pesquisas em Psicologia*, v.3, n.1, p.1-11, 2003.

SCHMITZ, C.; MARTIN, N.; ASSAIANTE, C. Development of anticipatory postural adjustments in a bimanual load-lifting task in children. *Experimental Brain Research*, v.126, n.2, p.200-204, 1999.

SCHMITZ, C.; MARTIN, N.; ASSAIANTE, C. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. *Experimental Brain Research*, v.142, n.3, p.354-364, 2002.

SCHMUCKLER, M.A. Children's postural sway in response to low- and high-frequency visual information for oscillation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v.23, n. 2, p.528-545, 1997.

SCHÖNER, G. A dynamic theory of coordination of discrete movement. *Biological Cybernetics*, v.63, p.257-270, 1990.

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

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

SCHÖNER, G.; KELSO, J.A.S. A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination. I. Relative phase dynamics. *Biological Cybernetics*, v.58, n.2, p.71-80, 1988b.

SCHÖNER, G.; KELSO, J.A.S. A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination. II. Component oscillator dynamics. *Biological Cybernetics*, v.58, n.2, p.71-80, 1988c.

SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.M.H.; JEKA, J.J. Action-perception patterns emerge from coupling and adaptation. *Ecological Psychology*, v.10, n.3-4, p.323-346, 1998.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior*, v.17, n.2, p.131-147, 1985.

SPARTO, P.J.; REDFERN, M.S.; JASKO, J.G.; CASSELBRANT, M.L.; MANDEL, E.M.; FURMAN, J.M. The influence of dynamic visual cues for postural control in children aged 7-12 years. *Experimental Brain Research*, v.168, p.505-516, 2006.

STOFFREGEN, T.A. Flow structure versus retinal location in the optical control of stance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v.11, n.5, p.554-565, 1985.

STOFFREGEN, T.A. The role of optical velocity in the control of stance. *Perception & Psychophysics*, v.39, n.5, p.355-360, 1986.

STOFFREGEN, T. A., HOVE, P., SCHMIT, J., & BARDY, B. G. Voluntary and involuntary postural responses to imposed optic flow. *Motor Control*, v. 10, p. 24-33, 2006.

STOFFREGEN, T.A.; SCHMUCKLER, M.A.; GIBSON, E.J. Use of central and peripheral optical flow in stance and locomotion in young walkers. *Perception*, v.16, n.1., p.113-119, 1987.

STREEPEY, J.W.; ANGULO-KINZLER, R.M. The role of task difficult in the control of dynamic balance in children and adults. *Human Movement Science*, v.21, n.4, p.423-438, 2002.

STRUPP, M.; GLASAUER, S.; JAHN, K.; SCHNEIDER, E.; KRAFCHYK, S.; BRANDT, T. Eye movements and balance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.1004, p.352-358, 2003;

TAGUCHI, K.; TADA, C. Change of body sway with growth of children. In: AMBLARD, B.; BERTHOZ, A.; CLARAC, F. (Eds.) *Posture and gait: development, adaptation and modulation*. Oxford: Excerpta Medica, 1988. p.59-65.

THELEN, E. Development of coordinated movement: implications for early human development. In: WADE, M.G.; WHITING, W.T.A. (Eds.). *Motor development in children: aspects of coordination and control*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p.106-119.

THELEN, E., FISHER, D.M. Newborn stepping: An explanation for a "disappearing reflex." *Developmental Psychology*, v.18, p.760–775, 1982.

THELEN, E.; FISHER, D.M.; RIDLEY-JOHNSON, R. The relationship between physical growth and a newborn reflex. *Infant Behavior and Development*, v.7, p.479-493, 1984.

THIBAUT, D.; BROSSEAU-LACHAINE, O.; FAUBERT, J.; VITAL-DURAND, F. Maturation of the sensitivity for luminance and contrast modulated patterns during development of normal and pathological human children. *Vision Research*, v.47, p.1561-1569, 2007.

TOLEDO, D.R. *Alterações sensoriais e motoras associadas ao envelhecimento e controle postural de idosos*. 2008. 162f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

USUI, N.; MAEKAWA, K.; HIRASAWA, Y. Development of the upright postural sway of children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, v.37, n.11, p.985-996, 1995.

- VALLIS; L.A.; MCFADYEN, B.J. Children use different anticipatory control strategies than adults to circumvent an obstacle in the travel path. *Experimental Brain Research*, v.167, p.119-127, 2005.
- VAN DER HEIDE, J.C.; OTTEN, B.; VAN EYKERN, L.A.; HADDERS-ALGRA, M. Development of postural adjustments during reaching in sitting children. *Experimental Brain Research*, v.151, n.1, p.32-45, 2003.
- VAN DER MEER, A.L.H.; FALLET, G.; VAN DER WEEL, F.R. Perception of structured optic flow and random visual motion in infants and adults: a high-density EEG study. *Experimental Brain Research*, v.186, n.3, p.493-502, 2008.
- VAN EMMERIK, R.E.A.; MCDERMOTT, W.J.; HADDAD, J.M.; VAN WEGEN, E.E.H. Age-related changes in upper body adaptation to walking speed in human locomotion. *Gait & Posture*, v.22, p.233-239, 2005.
- VEERMAN, M.M.; BRENNER, E.; SMEETS, J.B.J. The latency for correcting a movement depends on the visual attribute that defines the target. *Experimental Brain Research*, v.187, p.219-228, 2008.
- WADE, M.G.; LINDQUIST, R.; TAYLOR, J.R.; TRET-JACOBSON, D. Optical flow, spatial orientation , and the control of posture in the elderly. *Journal of Gerontology and Psychological Science*, v.30, n.1, p.51-58, 1995.
- WILLIAMS, A.M.; DAVIDS, K.; WILLIAMS, J.G. Visual perception and action in sport. New York: E & FN Spon, 1999.

WITHERINGTON, D.C.; VON HOFSTEN, C.; ROSANDER, K.; ROBINETTE, A.; WOOLLACOTT, M.H.; BERTENTHAL, B.I. The development of anticipatory postural adjustments in infancy. *Infancy*, v. 3, n.4, p.495-517, 2002.

WOLFF, D.R.; ROSE, J.; JONES, V.K.; BLOCH, D.A.; OEHLERT, J.W.; GAMBLE, J.G. Postural balance measurements for children and adolescents. *Journal of Orthopaedic Research*, v.16, n.2, p.271-275, 1998.

WOOLLACOTT, M.H. Posture and gait from newborn to elderly. In: AMBLARD, B.; BERTHOZ, A.; CLARAC, F. (Eds.) *Posture and gait: development, adaptation and modulation*. Oxford: Excerpta Medica, 1988. p.3-12.

WOOLLACOTT, M.H.; DEBÚ, B.; MOWATT, M. Neuromuscular control of posture in the infant and child: is vision dominant? *Journal of Motor Behavior*, v.19, n.2, p.167-186, 1987.

WURFEL, J.D.; BARRAZA, J.F.; GRZYWACZ, N.M. Measurement of rate of expansion in the perception of radial motion. *Vision Research*, v.45, p.2740-2751, 2005.

APÊNDICES.

TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Crianças)

Gostaria de convidar seu (sua) filho (a) a participar do projeto de pesquisa **“Utilização de informações visuais por crianças: efeito das características do estímulo”** conduzido pela doutoranda Daniela Godoi sob a orientação do Prof. Dr. José Angelo Barela no Laboratório para Estudos do Movimento (LEM) - Departamento de Educação Física - Instituto de Biociências - UNESP/Rio Claro.

Para participar deste projeto seu (sua) filho (a) terá que fazer uma visita ao LEM onde deverá permanecer em pé, com os braços colocados ao lado do corpo, dentro de uma sala durante 60 segundos e aproximadamente 20 tentativas, tendo que permanecer olhando para frente.

O desenvolvimento deste projeto e a participação de seu (sua) filho (a) não proporcionarão quaisquer benefícios financeiros, sendo que este projeto objetiva apenas investigar a utilização das informações sensoriais por crianças e adultos jovens diante de alterações da qualidade do estímulo visual. Da mesma forma, seu (sua) filho (a) não corre risco algum decorrente da participação neste projeto.

Durante a realização de todos os procedimentos seu (sua) filho (a) será auxiliado (a) pelo experimentador deste projeto. A pesquisa não trará danos ou despesas e, portanto, não haverá a necessidade de ressarcimento e/ou indenização.

Todas as informações adquiridas no estudo são confidenciais e o nome de seu (sua) filho (a) não será divulgado em momento algum. Ainda, toda e qualquer informação será utilizada para fins acadêmicos e, se assim você desejar, o responsável pelo estudo irá fornecer esclarecimentos, antes e/ou durante o curso da pesquisa, sobre a metodologia e também irá fornecer, em outra oportunidade, os resultados da participação de seu (sua) filho (a).

A qualquer momento você poderá pedir para interromper a participação de seu (sua) filho (a) na realização do experimento sem que isto lhe acarrete qualquer prejuízo ou penalização.

Nome do responsável pelo participante: _____
 Endereço: _____ Cidade/Estado: _____
 CEP: _____ Telefone: (____) _____
 RG: _____ CPF: _____
 Nome do participante: _____

Assinatura do Responsável pelo Participante

Assinatura do Pesquisador Responsável

Identificação do responsável pelo estudo:
 Doutoranda DANIELA GODOI
 Laboratório para Estudos do Movimento
 Depto. de Educação Física - IB - UNESP/RC
 Av: 24-A, 1515 - Bela Vista - Rio Claro - SP
 CEP: 13505-900 – Fone: (19) 3526-4312

Identificação do orientador do estudo:
 Prof. Dr. JOSÉ ANGELO BARELA
 Laboratório para Estudos do Movimento
 Depto. de Educação Física - UNESP/RC
 Av: 24-A, 1515 - Bela Vista - Rio Claro - SP
 CEP: 13505-900 – Fone: (19) 3526-4108

APÊNDICE B**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(Adultos)**

Gostaria de convidá-lo (a) a participar do projeto de pesquisa **“Utilização de informações visuais por crianças: efeito das características do estímulo”** conduzido pela doutoranda Daniela Godoi sob a orientação do Prof. Dr. José Angelo Barela no Laboratório para Estudos do Movimento (LEM) - Departamento de Educação Física - Instituto de Biociências - UNESP/Rio Claro.

Para participar deste projeto você terá que fazer uma visita ao LEM onde deverá permanecer em pé, com os braços colocados ao lado do corpo, dentro de uma sala durante 60 segundos e aproximadamente 20 tentativas, tendo que permanecer olhando para frente.

O desenvolvimento deste projeto e a sua participação não proporcionarão quaisquer benefícios financeiros, sendo que este projeto objetiva apenas investigar a utilização das informações sensoriais por crianças e adultos jovens diante de alterações da qualidade do estímulo visual. Da mesma forma, você não corre risco algum decorrente da participação neste projeto.

Durante a realização de todos os procedimentos você será auxiliado (a) pelo experimentador deste projeto. A pesquisa não trará danos ou despesas e, portanto, não haverá a necessidade de ressarcimento e/ou indenização.

Todas as informações adquiridas no estudo são confidenciais e o seu nome não será divulgado em momento algum. Ainda, toda e qualquer informação será utilizada para fins acadêmicos e, se assim você desejar, o responsável pelo estudo irá fornecer esclarecimentos, antes e/ou durante o curso da pesquisa, sobre a metodologia e também irá fornecer, em outra oportunidade, os resultados da sua participação.

A qualquer momento você poderá pedir para interromper a sua participação na realização do experimento sem que isto lhe acarrete qualquer prejuízo ou penalização.

Nome do Participante: _____

Endereço: _____ **Cidade/Estado:** _____

CEP: _____ **Telefone: ()** _____

RG: _____ **CPF:** _____

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador Responsável

Identificação do responsável pelo estudo:

Doutoranda DANIELA GODOI
Laboratório para Estudos do Movimento
Depto. de Educação Física - IB - UNESP/RC
Av: 24-A, 1515 - Bela Vista - Rio Claro - SP
CEP: 13505-900 – Fone: (19) 3526-4312

Identificação do orientador do estudo:

Prof. Dr. JOSÉ ANGELO BARELA
Laboratório para Estudos do Movimento
Depto. de Educação Física - UNESP/RC
Av: 24-A, 1515 - Bela Vista - Rio Claro - SP
CEP: 13505-900 – Fone: (19) 3526-4108

ANEXO A.

PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO IB/UNESP/RC



Rio Claro, 14 de agosto de 2006.

Ofício CEP 141/2006

Prezada Senhora,

Informamos que em reunião realizada em **08.08.2006**, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro (CEP-IB-UNESP), aprovou o projeto de pesquisa intitulado "**Utilização de informações sensoriais por crianças: efeitos da qualidade do estímulo**", sob sua responsabilidade, protocolo 2809, datado de 24/04/2006 e, tendo como orientador o Prof. Dr. José Angelo Barela.

Atenciosamente,

Profa. Dra. **Rosa Maria Feiteiro Cavalari**
Coordenadora do Comitê

Ilma. Sra.
DANIELA GODOI
Rua Cidade de Milão, 773 Bela Vista
13574-230 São Carlos SP