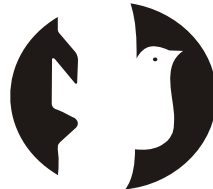


**FLÁVIA LOPES**



**UNIVERSIDADE  
SÃO FRANCISCO**

**Avaliação informatizada de rotação mental em  
crianças: busca por evidências de validade**

ITATIBA

2006

FLÁVIA LOPES

Avaliação informatizada de rotação mental em crianças:  
busca por evidências de validade

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação *Stricto Sensu* da  
Universidade São Francisco para obtenção  
do título de Mestre em Psicologia.

ORIENTADORA: ALESSANDRA GOTUZO SEABRA CAPOVILLA

ITATIBA

2006

Universidade São Francisco

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
*MESTRADO EM PSICOLOGIA*

**Avaliação informatizada de rotação mental em  
crianças: busca por evidências de validade**

Autor: Flávia Lopes

Orientadora: Alessandra Gotuzo Seabra Capovilla

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação de mestrado defendida por Flávia Lopes e aprovada pela comissão examinadora.

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Alessandra Gotuzo Seabra Capovilla (Orientadora)

---

Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo

---

Prof. Dr. Fermino Fernandes Sisto

*ITATIBA*  
2006

## Dedicatória

*À minha mãe, Fátima, pelo apoio incondicional que nunca me deixou desistir.*

## **Agradecimentos**

Muitas pessoas colaboraram para que esta pesquisa se tornasse uma realidade, a essas pessoas, faz-se aqui uma tentativa de agradecimento.

À minha família por todo carinho e dedicação, que mesmo longe estão sempre no meu coração e por isso, presente em todos os momentos.

Ao Felipe, por todo apoio, compreensão, paciência e incentivo em todos os momentos, especialmente nos difíceis.

Aos meus amigos pela confiança e por estarem ao meu lado na escolha do melhor caminho.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Alessandra G. S. Capovilla, pelo seu conhecimento, sabedoria e paciência, que possibilitou a concretização desta pesquisa. Obrigado pela sua orientação e amizade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Psicologia, que durante esta jornada sempre puderam agregar conhecimentos à minha formação, especialmente Prof. Dr. Fermino Fernandes Sisto e Prof. Dr. Ricardo Primi por todas as contribuições nesse processo.

A todos os colegas de mestrado, em especial ao Zé e Heitor, por todo incentivo desde o primeiro dia em que cheguei ao mestrado.

Ao grupo de Iniciação Científica, Natália, Bruna, Carmem e Arthur sem os quais a coleta de dados não seria possível, em especial a Natália por todas as contribuições para a realização desta pesquisa e principalmente por sua amizade.

À banca de qualificação, Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo e Prof. Dr. Fermino Fernandes Sisto, pelas valiosas considerações para esse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES, pelo apoio financeiro, o qual facilitou o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos funcionários da Universidade São Francisco, em especial à Rose, por sua eficiência e dedicação.

À Secretária de Educação da cidade de Itatiba, que concedeu acesso à escola para a realização da coleta de dados.

À escola, diretoria, coordenação, professores e funcionários que permitiram conduzir a pesquisa.

Aos meus pequenos grandes sujeitos de pesquisa que permitiram a realização deste trabalho.

## RESUMO

Lopes, F. (2006). *Avaliação informatizada de rotação mental em crianças: busca por evidências de validade*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Universidade São Francisco, Itatiba.

A imagética mental visual é uma das áreas avaliadas pela neuropsicologia, correspondendo à capacidade de visualizar uma imagem na ausência do objeto perceptual correspondente. A habilidade de rotação mental, uma forma específica de imagética, é uma operação cognitiva realizada com imagens mentais que, a partir de transformações contínuas, possibilita examinar mentalmente como esta imagem se apresenta ao ser girada em torno de um eixo específico. Para a condução da avaliação neuropsicológica adequada, é necessário o uso de instrumentos de avaliação precisos e válidos. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivos verificar a precisão e buscar evidências de validade do *ImagéticaBaby-Comp* para crianças de 1ª a 4ª série do ensino fundamental. Foram avaliadas 405 crianças nos seguintes instrumentos: *ImagéticaBaby-Comp*, Memória de Trabalho Visual, Teste Gestáltico de Bender e Matrizes Progressivas de Raven. Na análise de precisão tanto do tempo de reação quanto do escore no *ImagéticaBaby-Comp*, o alfa de Cronbach e o coeficiente de Spearman-Brown foram bastante satisfatórios. Análises de Covariância do desempenho no *ImagéticaBaby-Comp*, em termos de tempo de reação e escore, revelaram que, de forma geral, os desempenhos melhoraram com o aumento da série e meninos tiveram melhores desempenhos que meninas, evidenciando a validade do instrumento por meio da relação com outras variáveis. Em termos de efeito da diferença de angulação entre as figuras, os desempenhos tenderam a diminuir até a diferença de 180° e, a partir daí, tenderam a aumentar, revelando a curva de desempenho no formato de U, como esperado teoricamente, evidenciando validade do instrumento por meio do processo de resposta. Os desempenhos em todos os instrumentos, o escore e o tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* correlacionaram-se de forma significativa com desempenhos no Raven e no Bender. Dessa forma, esta pesquisa forneceu dados preliminares sugerindo que instrumento *ImagéticaBaby-Comp* é preciso e válido para avaliar rotação mental em crianças de 1ª a 4ª série do ensino fundamental.

**Palavras-chave:** Avaliação neuropsicológica, imagética mental, rotação mental, memória de trabalho visual, habilidades motoras.

**ABSTRACT**

Lopes, F. (2006). *Computerized assessment of mental rotation in children: validity evidences search*. Master's thesis, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Universidade São Francisco, Itatiba.

The visual mental imagery is one of the areas assessed by neuropsychology, corresponding to the capacity to visualize an image when of the corresponding perceptual object in the absence. The ability of mental rotation is a specific form of mental imagery and can be defined as a fulfilled cognitive operation with mental images that, from continuous transformations, enable to examine mentally as this image presents it self when it is rotated around a specific axle. For the conduction of the appropriate neuropsychological assessment, it is necessary to use valid and accurated instruments of assessment. In this context, this current study aims to search evidences of validity of the *ImagéticaBaby-Comp*, in children of 1<sup>st</sup> through 4<sup>st</sup> classes of basic education. 405 children were evaluated, of 17 classes by, *Imagetica-Baby-Comp*, Teste de Memoria de Trabalho Visual, Test Gestáltico of Bender and Raven. The collected data were analyzed, being computed the scores obtained by each instrument. Analysing the precision in relation to the reaction time and to the *ImagéticaBaby-Comp* scores, the Cronbach's alpha and the coefficient of Spearman-Brown were sufficiently satisfactory. Analyses of co-variance of the performance in the *ImagéticaBaby-Comp*, in terms of reaction time and score, disclosed that, of general form, the performances improved with the increase of the series and boys had better performances that girls, pointing out the validity of the instrument by means of the relation with other variable. In terms of effect of the angle difference between the pictures, the performances tended to down until the difference of 180° tended to increase from there showing disclosing the curve of performance in the format of U, as theoretically waited, evidencing validity of the instrument by means of the response processes Among the performances in all the instruments, the score and the time of reaction in the *ImagéticaBaby-Comp* had significant correlateding with performances in the Raven and the Bender tests. So, this research supplied preliminary data which suggest that *ImagéticaBaby-Comp* instrument is precise and valid to assessment mental rotation in children of 1<sup>st</sup> to 4<sup>st</sup> series of basic education.

**Key words:** Neuropsychological assessment, mental imagery, mental rotation, visual work memory, motor skills.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xii
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	1
<b>1. NEUROPSICOLOGIA</b> .....	6
1.1. Sistema Nervoso .....	10
1.2. Avaliação Neuropsicológica .....	14
<b>2. REPRESENTAÇÃO MENTAL</b> .....	19
2.1. Imaginação mental e Processamento espacial .....	21
2.2. Rotação Mental .....	26
2.2.1. Rotação mental e suas bases neurológicas .....	35
<b>3. MEMÓRIA DE TRABALHO</b> .....	40
3.1. Memória de Trabalho visual .....	42
<b>4. HABILIDADES VISOMOTORAS</b> .....	47
<b>5. OBJETIVO</b> .....	54
<b>6. MÉTODO</b> .....	55
6.1 Participantes .....	55
6.2 Material .....	57
6.2.1. <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	57
6.2.2. Teste de Memória de Trabalho Visual .....	62
6.2.3. Teste Gestáltico Visomotor de Bender .....	64
6.2.4. Matrizes Progressivas Coloridas de Raven .....	65
6.3. Procedimento .....	67
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	68
7.1. Análise descritiva de precisão no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	68
7.2. Análise de evidências de validade no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	72
7.2.1. Evidências de validade do tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	73
7.2.2. Evidências de validade do score no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	87
7.3. Análise de correlação entre os diversos instrumentos .....	100
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	102
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	108
<b>ANEXOS</b> .....	116

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Desenho esquemático das principais divisões do encéfalo .....	10
<i>Figura 2.</i> Representação simplificada dos fatores da aptidão espacial, testes e dimensões do desempenho .....	23
<i>Figura 3.</i> Esquema traçando para avaliação de testes de habilidade espacial .....	25
<i>Figura 4.</i> Tarefa proposta por Shepard e Metzler .....	28
<i>Figura 5.</i> Figuras do <i>Card Rotation Test</i> .....	28
<i>Figura 6.</i> <i>The Teddy Bear Game</i> , teste para avaliação da rotação mental em crianças de Marmor (1975, 1977) .....	31
<i>Figura 7.</i> Exemplos dos estímulos usados no teste de rotação mental .....	33
<i>Figura 8.</i> Representação do modelo de Cooper e Shepard (1973) para solução de problemas simples de rotação mental .....	34
<i>Figura 9.</i> Áreas citoarquitetônicas conforme a classificação de Brodmann, representação da Superfície interna e da estrutura externa do encefalo .....	38
<i>Figura 10.</i> Modelo de Memória de Trabalho proposto por Baddeley & Hitch .....	41
<i>Figura 11.</i> Hierarquia do controle da ação motora voluntária .....	48
<i>Figura 12.</i> Córtex Motor, que engloba as áreas 4 e 6 de Brodmann .....	48
<i>Figura 13.</i> Layout de duas telas do software <i>Imagética-Comp</i> . .....	58
<i>Figura 14.</i> Estímulos utilizados na adaptação do <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	60
<i>Figura 15.</i> Eixos coordenados de rotação dos estímulos .....	60
<i>Figura 16.</i> Layout de duas telas do software <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	61
<i>Figura 17.</i> Telas do Teste de Memória de Trabalho Visual .....	62
<i>Figura 18.</i> Tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da série escolar. ....	78
<i>Figura 19.</i> Tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função do sexo dos participantes ....	79
<i>Figura 20.</i> Tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da interação entre os fatores série e sexo. ....	80
<i>Figura 21.</i> Tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da diferença de angulação entre as figuras. ....	82
<i>Figura 22.</i> Tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da interação entre diferença de angulação e série. ....	84
<i>Figura 23.</i> Tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da interação entre diferença de angulação e sexo. ....	85
<i>Figura 24.</i> Tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> dos participantes em função da interação entre diferença de angulação e sexo para cada uma das quatro séries .....	86

<i>Figura 25.</i> Escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da série escolar. ....	92
<i>Figura 26.</i> Escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função do sexo dos participantes. ....	93
<i>Figura 27.</i> Escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da interação entre os fatores série e sexo. ....	94
<i>Figura 28.</i> Escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da diferença de angulação entre as figuras. ....	96
<i>Figura 29.</i> Escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da interação entre diferença de angulação e série. ....	97
<i>Figura 30.</i> Escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da interação entre diferença de angulação e sexo. ....	98
<i>Figura 31.</i> Escore dos participantes no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> em função da interação entre diferença de angulação e sexo para cada uma das quatro séries. ....	99

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1.</i> Esquema das funções desempenhadas pelas principais regiões corticais .....	13
<i>Tabela 2.</i> Esquema das funções desempenhadas pelas áreas motoras .....	49
<i>Tabela 3.</i> Distribuição das idades médias, desvio padrão, mínimo e máximo por série. ....	55
<i>Tabela 4.</i> Distribuição de frequência por idade e série das crianças. ....	56
<i>Tabela 5.</i> Descrição para cada um dos 32 itens do <i>ImagéticaBaby-Comp</i> , da média do tempo de reação(em milésimos de segundos), desvio padrão, correlação item-total e alfa no teste se o item fosse excluído. ....	70
<i>Tabela 6.</i> Descrição para cada um dos 32 itens do <i>ImagéticaBaby-Comp</i> , da média de acerto, desvio padrão, correlação item-total e alfa no teste se o item fosse excluído. ....	72
<i>Tabela 7.</i> Médias e, entre parênteses, desvios padrão do tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> para cada diferença de angulação, série escolar e sexo. ....	74
<i>Tabela 8.</i> Estatística descritiva do tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> como função da série escolar e sexo, corrigida após Ancova usando o percentil do Raven como covariante. ....	75
<i>Tabela 9.</i> Estatísticas inferenciais para fatores inter-sujeitos sobre o tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> . ....	77
<i>Tabela 10.</i> Estatísticas inferenciais para o fator intra-sujeitos sobre o tempo de reação no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	81
<i>Tabela 11.</i> Médias, entre parênteses, desvios padrão do escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> para cada diferença de angulação, série escolar e sexo. ....	88
<i>Tabela 12.</i> Estatística descritiva do escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> como função da série escolar e sexo, corrigida após Ancova usando o percentil do Raven como covariante .....	89
<i>Tabela 13.</i> Estatísticas inferenciais para fatores inter-sujeitos sobre o escore no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	91
<i>Tabela 14.</i> Estatísticas inferenciais para o fator intra-sujeitos sobre o número de acertos no <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	95
<i>Tabela 15.</i> Matriz de correlações entre os escores nos diversos instrumentos, com coeficiente de correlação de Pearson, significância e número de sujeitos. ....	100

**LISTA DE ANEXOS**

<i>Anexo 1.</i> Termo de consentimento livre esclarecido - instituição .....	116
<i>Anexo 2.</i> Termo de consentimento livre esclarecido - sujeito .....	117
<i>Anexo 3.</i> Ordem de apresentação dos itens do <i>ImagéticaBaby-Comp</i> .....	118
<i>Anexo 4.</i> Termo de aprovação da pesquisa pelo comitê de ética da instituição .....	121

## APRESENTAÇÃO

A neuropsicologia é o campo do conhecimento que trata da relação entre cognição, comportamento e atividade do sistema nervoso em condições normais e patológicas (Luria, 1981; Nitrini, 1996). A avaliação neuropsicológica pode ser considerada um método de definição da integridade funcional do encéfalo por meio da observação do comportamento em condições normatizadas (Dean & Woodcock, 1999). Envolve o estudo intensivo do comportamento por meio de entrevistas, questionários e testes que permitam obter desempenhos relativamente precisos (Lezak, 1995), sendo a avaliação cognitiva parte integral do exame neuropsicológico (Dean & Woodcock, 1999).

A neuropsicologia cognitiva é uma vertente da neuropsicologia fortemente influenciada pela psicologia cognitiva e enfatiza o estudo do processamento da informação, isto é, das diferentes operações mentais que são necessárias para a execução de determinadas tarefas (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002). Uma das funções avaliadas pela neuropsicologia cognitiva é a imagética mental visual, que corresponde à capacidade de visualizar uma imagem na ausência do objeto perceptual correspondente (Guedes & Capovilla, 1997). Segundo Guedes, Capovilla, Macedo e Duduchi (1998), a rotação mental é uma forma específica de imagética e pode ser definida como uma operação cognitiva feita com imagens mentais que, a partir de transformações contínuas, possibilita examinar mentalmente como esta imagem se apresenta ao ser girada em torno de um eixo específico.

Existem prejuízos que afetam o pensamento espacial, por exemplo, a incapacidade em estimar distâncias e a incapacidade de julgamento de igualdade (Ellis & Young, 1989). Desta forma, a avaliação neuropsicológica adequada da imagética mental, incluindo a habilidade de rotação mental, possibilita tanto acompanhar o

desenvolvimento desta habilidade, quanto identificar possíveis prejuízos, possibilitando a realização de uma intervenção focal e eficaz (Capovilla, 2005).

Para a avaliação neuropsicológica é necessário dispor de instrumentos precisos, válidos e normatizados para determinada população (Capovilla, 2003; Muñiz, 2004; Prieto & Muñiz, 2000). A validade é considerada um dos mais relevantes aspectos dos testes psicológicos, estando relacionada ao grau em que as evidências e a teoria corroboram as interpretações sobre os escores em um teste conforme os usos propostos (American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education, 1999). A fidedignidade ou precisão de um instrumento refere-se à consistência dos escores obtidos pelo mesmo sujeito quando reavaliado com o mesmo instrumento em ocasiões diferentes, ou por diferentes conjuntos de itens equivalentes, sendo que esse conceito enfatiza o cálculo do erro de mensuração (Anastasi & Urbina, 2000).

Há, porém, uma carência de instrumentos brasileiros para a avaliação da rotação mental em crianças. Neste estudo foram buscadas evidências de validade para o teste *ImagéticaBaby-Comp* (Capovilla, Lopes, Macedo & Capovilla, 2005). Nesse teste são apresentados, de forma computadorizada, pares de figuras às crianças, que devem julgar se tais figuras são iguais ou diferentes. Há duas figuras que compõem o teste, correspondentes ao desenho de um bebê e que diferem apenas em qual dos braços encontra-se levantado, o braço direito ou o esquerdo. As figuras são apresentadas em diferentes rotações no eixo X, de 45 em 45 graus, sendo possível computar o escore e o tempo de reação e analisá-los como função da diferença de angulação entre as figuras do par.

O teste original em que este foi baseado, denominado *Imagética-Comp* (Capovilla, 1997), possui evidências de validade para sujeitos adultos, mas não para crianças. No presente estudo, foram buscadas evidências de validade do *ImagéticaBaby-*

*Comp* com base na análise do processo de resposta e com base nas relações com outras variáveis (American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education, 1999). Para tanto, foram conduzidas três análises. Na primeira análise, para verificar a precisão do instrumento, foram calculados o alfa de Cronbach e o coeficiente de Spearman-Brown para os desempenhos em termos de tempo de reação e de número de acertos. Na segunda análise, para buscar evidências de validade, foi avaliado se o desempenho das crianças no *ImagéticaBaby-Comp*, em termos de tempo de reação e de acertos, variou com a série escolar, com o gênero das crianças e com a diferença no ângulo de rotação entre as figuras. Na terceira análise, também para buscar evidências de validade, o escore e o tempo de reação no teste foram comparados aos escores em outros testes que supostamente avaliam construtos relacionados, num procedimento por busca de evidência de validade concorrente.

Para a busca por evidências comparando os escores no *ImagéticaBaby-Comp* aos escores em outros testes que supostamente avaliam construtos relacionados, é necessário inicialmente verificar quais construtos estão relacionados à rotação mental, de forma que os desempenhos em testes que avaliem tais construtos possam ser correlacionados com os desempenhos em rotação mental. Na presente pesquisa tal relação foi feita com base nos processos neurológicos subjacentes a cada tarefa, ou seja, foram analisadas as bases neurofuncionais da habilidade de rotação mental e, então, foram buscadas outras habilidades que compartilhem as mesmas bases neurofuncionais, visto que uma base neurológica em comum está usualmente correlacionada a aspectos cognitivos em comum (Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar, & McMins, 2001; Tagaris et al., 1997). Estudos já realizados revelaram evidências do forte envolvimento das áreas parietal e frontal na rotação mental, responsáveis também por outras funções psicológicas, tais como motricidade e memória de trabalho (Just et al., 2001; Tagaris et



al., 1997).

Jeannerod (1995, em Guedes & Capovilla, 1997) realizou um levantamento bibliográfico sobre correlações entre imagética e motricidade, e constatou que a imaginação da ação tem as mesmas propriedades da execução da ação, havendo uma relação funcional entre o movimento imaginado e o real. Isto pode estar relacionado ao envolvimento das áreas parietal e frontal em ambas as tarefas.

Há, também, evidências de que memória de trabalho visual e rotação mental estão correlacionadas (Guedes & Capovilla, 1997). Segundo o modelo de Baddeley (2000), a memória de trabalho possui três componentes, o executivo central, o circuito fonarticulatório e a prancha de desenho visoespacial. Esta última mantém representações imagéticas de objetos e suas posições espaciais, e encontra-se correlacionada com a ativação do córtex pré-frontal lateral direito.

Com o objetivo de verificar a validade do instrumento para avaliar a habilidade de rotação mental em alunos do ensino fundamental, foram utilizados instrumentos que avaliam a motricidade, memória de trabalho e processamento visoespacial. Para a avaliação da habilidade de rotação mental foi aplicado o *ImagéticaBaby-Comp*; no intuito de avaliar a memória de trabalho visual foi utilizado o Teste de Memória de Trabalho Visual; para a avaliação da habilidade visomotora foi utilizado o Teste Gestáltico Visomotor de Bender. Finalmente, para a avaliação da inteligência não-verbal, que foi usada nas análises como covariante, foram usadas as Matrizes Progressivas Coloridas de Raven - escala especial.

Nesta dissertação inicialmente são abordados os aspectos teóricos pertinentes e relativos à neuropsicologia; à avaliação neuropsicológica; à representação mental e aos sub-aspectos referentes à habilidade de rotação mental; à memória de trabalho, mais especificamente à memória de trabalho visual e às habilidades visomotoras. É, então, apresentada a metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento do estudo. Em

seguida, são apresentados os resultados encontrados e a discussão e, finalmente, as referências usadas no estudo.

## 1. NEUROPSICOLOGIA

A partir dos séculos XVII e XVIII, a neuropsicologia teve grande progresso com o surgimento dos primeiros indícios de conceitos como o de um cérebro integrador, a divisão do encéfalo entre substância cinzenta e branca, e a localização das funções mentais em regiões específicas do encéfalo (Maciel Jr., 1996). De fato, o estudo das relações entre o funcionamento cerebral e o psicológico tem levantado interesse há muito tempo.

Um dos primeiros casos evidenciando alterações psicológicas em função de um dano neurológico foi o de Phineas P. Gage, que tem sido retomado e bastante discutido na atualidade (Damásio, 1996). Em 1848, aos 25 anos, Gage sofreu um acidente de trabalho no qual uma barra de ferro de seis quilos atravessou o seu crânio. Gage sofreu uma grande mudança, tornando-se uma pessoa sem tato nas relações com os demais, grosseiro no uso das palavras, impulsivo e sem responsabilizar-se consigo nem com o que falava. Segundo Damásio (1996), o problema apresentado por Gage não residia na falta de competência, mas, antes, na estrutura do seu “novo” caráter. A lesão indicava que o cérebro estaria envolvido nas propriedades essencialmente humanas, como a capacidade de antecipar o futuro e de elaborar plano com base em um contexto de um ambiente social complexo.

A neuropsicologia teve como marco histórico os trabalhos desenvolvidos por Franz Joseph Gall no início do século XIX, nos quais descreveu pela primeira vez a diferença entre substância branca e cinzenta, e propôs que as circunvoluções na superfície do cérebro poderiam levar a proeminência em partes correspondentes do crânio que refletiriam na propensão de certos traços de personalidade, com a teoria das localizações corticais das faculdades psicológicas (Bear, Connors & Paradiso, 2002; Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002; Lezak, 1995; Luria, 1981). Esta teoria foi

denominada frenologia e pressupunha que diferentes características do crânio refletissem o desenvolvimento de diversos “órgãos da mente” situados nos chamados “centros”, tais como o “centro de amor sexual”, o “centro da esperança” e o “centro da agressividade”, dentre outros (Luria, 1975).

Um estudo mais elaborado sobre a localização de funções, especificamente da linguagem, foi conduzido por Paul Broca em 1861, que descreveu um caso clínico com uma lesão circunscrita ao terceiro giro frontal do hemisfério esquerdo, o “centro das imagens motoras das palavras”. Tal paciente tinha severas dificuldades na produção da linguagem. Em 1876, Wernicke descreveu um outro paciente que tinha habilidades de produção da fala intactas, apesar de severas dificuldades de compreensão. A lesão era situada na porção posterior do giro temporal superior, denominada por Wernicke como “centro das imagens sensoriais das palavras” (Luria, 1975).

Os trabalhos de Broca e Wernicke demonstraram que determinadas regiões anatômicas no hemisfério esquerdo estão relacionadas a diferentes aspectos da linguagem, fornecendo subsídios para a teoria localizacionista, segundo a qual regiões específicas do encéfalo seriam responsáveis por funções complexas. Em contraposição a esta teoria localizacionista surgiu, posteriormente, a teoria integracionista, que considerava as funções mentais complexas como dependentes das ações do encéfalo como um todo (Lundyekman, 2000).

Com o acúmulo de novos conhecimentos, o debate entre localizacionistas e integracionistas foi revisto e ampliado pela neuropsicologia moderna, especialmente com Aleksander Romanovich Luria, o qual desenvolveu o conceito de sistema funcional complexo. Este conceito, adotado por Luria (1981), caracteriza-se não apenas pela sua complexidade, mas, também, pela mobilidade de suas partes constituintes. Desta forma, a tarefa original e o resultado final podem permanecer inalterados, porém, a maneira pela qual essa tarefa é desempenhada pode variar consideravelmente. A presença de

uma tarefa constante, desempenhada por mecanismos diversos, que levam o processo a um resultado constante, é um dos aspectos básicos que caracterizam a operação de qualquer sistema funcional. A segunda característica é a composição complexa do sistema, que sempre inclui uma série de impulsos ajustadores e efetadores. Nesse conceito, as funções mentais não podem ser localizadas em zonas estreitas do córtex ou em agrupamentos celulares isolados, mas são organizadas em sistemas de zonas funcionando em concerto, desempenhando cada uma dessas zonas o seu papel.

Os enfoques atuais para a compreensão do sistema nervoso incluem múltiplos níveis de análise, molecular, celular, dos sistemas, comportamental e cognitivo (Lundyekman, 2000; Bear, Connors & Paradiso, 2002). A neurociência molecular procura explicações sobre o sistema nervoso a partir da análise das propriedades químicas e físicas dos componentes envolvidos no funcionamento neural; a neurociência celular considera as distinções entre os diferentes tipos celulares no sistema nervoso e como cada tipo de célula funciona; a neurociência dos sistemas investiga grupos de neurônios que desempenham uma função comum; a neurociência comportamental analisa a relação entre os sistemas neurais e a produção dos comportamentos integrados; e a neurociência cognitiva cobre os campos do pensamento, aprendizado e memória, sendo a cognição definida como referente a todas as atividades mentais associadas a pensar, conhecer, lembrar e comunicar (Lundyekman, 2002).

Segundo Ellis e Young (1989), a neuropsicologia cognitiva tem dois objetivos básicos. Primeiro, explicar o padrão do desempenho cognitivo intacto e prejudicado em pacientes com dano cerebral em termos do prejuízo de um ou mais componentes de uma teoria ou modelo do funcionamento cognitivo normal; segundo, extrair conclusões sobre processos cognitivos normais e intactos a partir do padrão de desempenho e de capacidades intactas vistas em pacientes com dano cerebral.

Conforme revisão feita por Capovilla (2005), os termos neuropsicologia e neurociência cognitiva são usados por diferentes autores como se referindo à mesma área de estudos. De acordo com Webster's Third New International Dictionary - Unabridged (1986, apud Capovilla, 2005) a neuropsicologia é a ciência que relaciona fatos psicológicos a fatos neurológicos. Lezak (1995) define neuropsicologia como a ciência cujo objetivo é estudar a relação entre encéfalo e comportamento humano.

Segundo Nitrini (1996), a neuropsicologia é o campo de conhecimento que trata da relação entre cognição, comportamento e atividade do sistema nervoso em condições normais e patológicas, por meio do estudo de redes neuronais, utilizando-se de conhecimentos de anatomia, fisiologia, psicologia, psiquiatria e neurologia, dentre outras áreas. Para Lima (2003), a neuropsicologia correlaciona aspectos neurais com modelos cognitivos e comportamentais. Conforme descrito por Gil (2002, p. 1), a neuropsicologia dedica-se ao “estudo dos distúrbios cognitivos e emocionais, bem como ao estudo dos distúrbios de personalidade”.

Lundyekman (2000) define a neuropsicologia como a busca para compreender o sistema nervoso em suas diversas manifestações, incluindo seu desenvolvimento, as relações químicas, estruturais e funcionais, e as patologias manifestas nesse sistema. Luria (1975) considera a neuropsicologia como o estudo dos sistemas funcionais complexos ou processos mentais, que correspondem a meios pelos quais as informações sensoriais são transformadas, elaboradas, armazenadas, recuperadas e utilizadas.

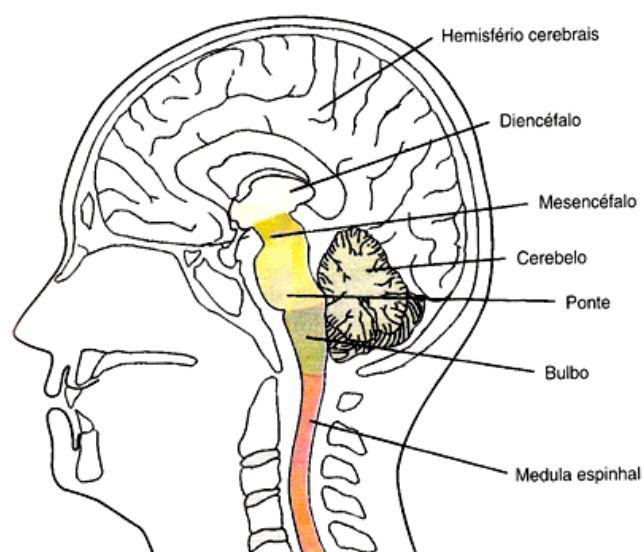
Com base nas diversas definições encontradas, Capovilla (2005) propõe uma definição sumária considerando a neuropsicologia como a ciência que buscar relacionar a atividade do sistema nervoso com o funcionamento psicológico, tanto em condições normais quanto em condições patológicas, incluindo o estudo do desenvolvimento e dos distúrbios cognitivos, emocionais e de personalidade.

A neuropsicologia, segundo Ardila e Ostrosky-Solís (1996), possui três

objetivos principais. O primeiro objetivo, o fundamental, abrange o estudo das relações entre os processos psicológicos e a organização do sistema nervoso; o segundo, o objetivo clínico, inclui o desenvolvimento e a aplicação de procedimentos de diagnóstico neuropsicológico; e o terceiro objetivo, o aplicado, envolve a criação e a aplicação de procedimentos de reabilitação em caso de alteração cerebral. Assim, a neuropsicologia deve apresentar explicações a cerca dos processamentos subjacentes às atividades mentais superiores do ser humano, relacionando-as ao funcionamento do sistema nervoso e contribuindo para o diagnóstico preciso e a intervenção eficaz (Bear, Connors & Paradiso, 2002).

### 1.1. Sistema nervoso

O sistema nervoso central é constituído por sete principais regiões anatómicas, a saber, a medula espinhal; o bulbo, a ponte e o mesencéfalo, que juntos formam o tronco cerebral; o cerebelo; o diencéfalo; e os hemisférios cerebrais, conforme representado na Figura 1 (Burt, 1995; Kandel, Schwartz & Jessell, 1997; Bear, Connors & Paradiso, 2002).



*Figura 1.* Desenho esquemático das principais divisões do encéfalo (Kandel, Schwartz & Jessell, 1997, p. 07).

A medula espinhal estende-se desde a base do crânio até a primeira vértebra lombar, recebendo informações sensoriais da pele, das articulações e dos músculos do tronco e dos membros, bem como recebendo informações sensoriais dos órgãos internos. O tronco cerebral recebe informações sensoriais da pele e das articulações da cabeça, do pescoço e da face, e contém os neurônios motores que controlam os músculos da cabeça e do pescoço, estando implicado com os sentidos especializados, como a audição, a gustação e o equilíbrio. O cerebelo é dividido em vários lobos, cada qual tendo determinadas funções; recebe entradas sensoriais da medula espinhal, informações motoras do córtex cerebral e informações a respeito do equilíbrio dos órgãos vestibulares do ouvido interno, sendo capaz de coordenar o planejamento, a cronologia e os padrões de atividade dos músculos esqueléticos durante o movimento, desempenhando papel na manutenção da postura e na coordenação dos movimentos da cabeça e dos olhos (Bear, Connors & Paradiso, 2002; Kandel, Schwartz & Jessell, 1997; Lundyekman, 2000).

O tálamo e o hipotálamo, juntos, formam o diencéfalo. O tálamo processa e distribui quase todas as informações sensoriais, essas informações são retransmitidas para áreas específicas do córtex cerebral, auxiliando a regulação dos níveis de consciência e dos aspectos emocionais das sensações. O hipotálamo regula o sistema nervoso autônomo e a secreção de hormônios pela glândula hipófise (Burt, 1995; Kandel, Schwartz & Jessell, 1997; Bear, Connors & Paradiso, 2002).

Os hemisférios cerebrais são constituídos pelo córtex cerebral, substância branca subjacente, gânglios da base, formação hipocampal e amígdala (Kandel, Schwartz & Jessell, 1997). Os hemisférios cerebrais têm sido objeto de análise de grande parte dos estudos em neuropsicologia, visto que as atividades nervosas superiores dependem fortemente dos hemisférios cerebrais e, mais particularmente, dos neurônios corticais (Luria, 1981).



A superfície cortical corresponde a uma lâmina de substância cinzenta de menos de meio centímetro de espessura que forma o contorno externo de cada hemisfério, e acompanha os sulcos e fissuras que caracterizam essa superfície. Alguns dos sulcos e fissuras são usados para dividir o córtex em quatro grandes áreas funcionais: o lobo frontal, o lobo parietal, o lobo occipital e o lobo temporal. Os quatro lobos abrangem os sistemas responsáveis pelas sensações, percepções, movimentos voluntários, aprendizado, verbalização, linguagem e cognição. As denominações dos lobos derivam dos nomes dos ossos do crânio e são limitados pelos sulcos e fissuras (Nitrini, 1996). Além da divisão nos quatro lobos, há outras duas subdivisões do córtex, o córtex insular, que ocupa a parede medial do sulco lateral e não é visível na superfície do cérebro, e o lobo límbico, constituído pelas porções mediais dos lobos frontal, parietal e temporal, formando uma faixa contínua de córtex suprajacente ao tronco cerebral rostral e ao diencéfalo.

A anatomia macroscópica do córtex cerebral é um ponto de partida para o estudo de sua função. Assim, o lobo temporal está relacionado ao processamento de informações auditivas e verbais, e anormalidades nesta região se relacionam como transtornos lingüísticos e deficiências na memória seqüencial auditiva. Já o lobo parietal está relacionado às funções somatossensoriais, como o processamento de informações táteis, de pressão, temperatura e dor. O lobo occipital está relacionado ao processamento de informação visual, englobando a decodificação e a abstração de informação visual, sendo que anormalidades desta região estão relacionadas a dificuldades para reconhecer formas visuais. Finalmente, o lobo frontal está relacionado às funções motoras, bem como ao planejamento de condutas dirigidas a uma meta definida (Pliska, 2004). A Tabela 1 sintetiza as principais funções exercidas por cada área cortical.

*Tabela 1.* Esquema das funções desempenhadas pelas principais regiões corticais (MacKay, 2003).

<b>ÁREA CORTICAL</b>	<b>FUNÇÃO</b>
Córtex visual primário	Detecção de estímulos visuais
Área de associação visual	Processamento da informação visual
Córtex sensitivo primário (giro pós-central)	Recepção de informações sensitivas do corpo
Córtex de associação somestésica	Base do esquema corporal
Área temporoparietal	Percepção espacial
Córtex auditivo primário	Detecção de estímulos auditivos
Área de associação auditiva	Processamento da informação auditiva
Área de Wernicke	Compreensão da linguagem
Córtex motor primário (giro pré-central)	Inicia o comportamento motor voluntário
Córtex de associação motora (área pré-motora)	Coordenação do movimento complexo
Centro da fala (área de Broca)	Produção da fala e articulação
Córtex pré-frontal	Planejamento, emoção e julgamento

De acordo com Luria (1973, 1975, 1981), o encéfalo pode ser descrito em três unidades funcionais que se encontram envolvidas em qualquer forma elevada da atividade cognitiva. A primeira unidade, composta pela medula, tronco cerebral, cerebelo e estruturas subtalâmicas e talâmicas, refere-se à regulação, ativação, seleção, atenção e modulação dos impulsos neuronais; a segunda unidade, composta pelos lobos parietal, temporal e occipital, obtém, processa e armazena informação do mundo exterior; e a terceira unidade é composta pelo córtex motor, córtex pré-motor e lobo frontal, refere-se à programação, planificação, verificação das operações cognitivas e produção das respostas adaptativas.

Para que qualquer habilidade cognitiva se realize é requerida uma atividade conjunta de estruturas corticais e subcorticais em todos os níveis do encéfalo. Segundo Luria (1973), a cognição depende da participação e do trabalho sincronizado das três unidades funcionais, cada uma delas numa estrutura hierárquica e repartida em três zonas corticais: áreas primárias ou de projeção; áreas secundárias ou de associação; e áreas terciárias ou de sobreposições, que são responsáveis no homem pela maioria das formas complexas de cognição.

O presente trabalho focalizará especificamente o córtex parietal e uma região do lobo frontal, o córtex pré-frontal, por meio da avaliação das funções cognitivas a eles relacionadas, conforme detalhado posteriormente.

## **1.2. Avaliação neuropsicológica**

A utilização de testes psicológicos no intuito de investigar as disfunções cerebrais ocorreu especialmente após a Segunda Guerra Mundial, com os estudos realizados por Hans-Lukas Teuber, Brenda Milner, Arthur Benton e Ward Halstead (Rao, 1996). O termo avaliação neuropsicológica é relativamente novo, tendo substituído essencialmente os termos mais antigos como “testagens de dano cerebral” ou “testes para organicidade” (Goldstein, 2000). Segundo Lezak (1995), os procedimentos de avaliação neuropsicológica são usados basicamente para três propósitos, o diagnóstico; a provisão de informação importante para cuidado de paciente; e a pesquisa.

A avaliação neuropsicológica pode ser considerada um método de definição da integridade funcional do encéfalo por meio da observação do comportamento em condições normatizadas, sendo a avaliação cognitiva parte integral do exame neuropsicológico (Dean & Woodcock, 1999). Segundo Hynd e Willis (1988), a avaliação neuropsicológica deve servir para diferenciar entre diversos tipos de

distúrbios neuropsicológicos; mapear as principais áreas de dificuldade; auxiliar o direcionamento da reabilitação; e documentar o estado neuropsicológico atual, permitindo analisar a melhora ou a deterioração em função da passagem do tempo ou de intervenções medicamentosas ou neuropsicológicas.

A avaliação neuropsicológica consiste no levantamento dos processos mentais que estão comprometidos, em que nível, e quais estão intactos. Podem ser usados entrevistas, questionários e testes que permitam obter desempenhos relativamente precisos. Podem, ainda, ser integradas informações provenientes de medidas eletrofisiológicas (potenciais evocados ou relacionados a eventos), psicofísicas (condutância da pele, registro de fluxo sanguíneo sonográfico) e técnicas de neuroimagem (tomografia computadorizada - TC, ressonância magnética - RM, tomografia por emissão de pósitrons - PET e imagem por ressonância magnética funcional - IRMf), com o objetivo de auxiliar no diagnóstico, no direcionamento, cuidado e planejamento de intervenção, na avaliação da efetividade das técnicas de tratamento; em prover informações para assuntos jurídicos ou para pesquisa (Lezak, 1995).

No intuito de conduzir de modo apropriado a avaliação neuropsicológica e, especialmente, a avaliação estandardizada normativa, é necessário dispor de um instrumento preciso, válido e normatizado para uma determinada população (Capovilla, 2005). No Brasil, pesquisadores e clínicos que trabalham com avaliação neuropsicológica se deparam com a escassez de instrumentos precisos e válidos disponíveis para pesquisa e diagnóstico (Rao, 1996; Wood, Carvalho, Rothe-Neves & Haase, 2001).

O termo precisão significa basicamente consistência. A precisão ou fidedignidade de um instrumento psicológico refere-se à consistência dos escores obtidos pelos mesmos sujeitos quando reavaliados com o mesmo instrumento ou com uma forma

equivalente (Anastasi & Urbina, 2000). A precisão enfatiza o cálculo do erro de mensuração. Desta forma, pode-se dizer que o coeficiente de precisão pode ser interpretado diretamente em termos de porcentagem da variância de escore atribuível a diferentes fontes; assim, um coeficiente de precisão de 0,94 significa que 94% da variância nos escores do instrumento dependem da variância verdadeira do traço medido, e 6% dependem da variância de erro.

No presente estudo será verificada a precisão do *ImagéticaBaby-Comp* utilizando dois procedimentos, o método das metades, sendo calculado o coeficiente de Sperman-Brown, e o coeficiente do alfa de Cronbach, em termos do tempo de reação e número de acertos.

Os estudos de validade ajudam a fornecer o embasamento científico aos instrumentos de avaliação psicológica. Os métodos de validar um teste não são muito diferentes dos métodos usados para validar teorias psicológicas, estando associados ao conjunto de evidências empíricas favoráveis ao significado que se está atribuindo aos indicadores (Muniz, 2004). Desta forma, a validade está relacionada ao grau em que as evidências e a teoria corroboram as interpretações sobre os escores em um teste conforme os usos propostos para o mesmo (American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education, 1999).

Segundo Anastasi e Urbina (2000),

“[...] a validade de um teste não pode ser relatada em termos gerais.

Não podemos dizer que um teste tem alta ou baixa validade em termos abstratos. Sua validade precisa ser estabelecida com referência ao uso específico para o qual o teste está sendo considerado” (p.107).

Existem várias formas de se buscar evidenciar a validade das interpretações do

teste, dentre as quais as baseadas na análise do conteúdo dos itens do teste, nas relações com outras variáveis, no processo de resposta, na estrutura interna dos itens ou nas conseqüências da aplicação de testes (American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education, 1999). Todas essas formas consistem em procedimentos diferentes de coleta de informações sobre validade e respondem a questões diferentes, cada uma com maior pertinência em razão dos propósitos e contextos em que se pretende utilizar o instrumento de avaliação.

Há, porém, uma carência de instrumentos brasileiros para a avaliação neuropsicológica, especialmente em crianças. Neste estudo serão buscadas evidências de validade de um instrumento de avaliação neuropsicológica da habilidade de rotação mental em crianças, o *ImagéticaBaby-Comp* (Capovilla, Lopes, Macedo & Capovilla, 2005). O teste original em que este foi baseado, denominado *Imagética-Comp* (Capovilla, 1997), possui evidências de validade para adultos.

Na presente pesquisa, foram buscados dois tipos de evidências de validade. Primeiro, evidências baseadas nas relações com outras variáveis, ou seja, os escores nos testes serão comparados aos escores em outros testes que supostamente avaliam construtos relacionados, num procedimento por busca de evidência de validade concorrente (American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education, 1999). Mais especificamente, foram correlacionados os escores nos testes de avaliação neuropsicológica de rotação mental com testes que avaliam a memória de trabalho visual, processamento visomotor e inteligência. Além disso, foi analisado se a habilidade de rotação mental aumenta com a progressão dos níveis escolares de 1<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup> série e se elas diferem como função do gênero das crianças. Foi, ainda, buscada evidência de validade com base no processo de respostas, pela análise do tempo de

reação em função da diferença no ângulo de rotação entre os sólidos no *ImagéticaBaby-Comp*.

Para a busca por tais evidências, especialmente aquelas baseadas na relação com testes que medem construtos relacionados, é necessário inicialmente verificar quais construtos estão relacionados à rotação mental, de forma que os desempenhos em testes que os avaliem possam ser correlacionados com os desempenhos em rotação mental.

Para tanto, no presente estudo foram analisadas a habilidade de rotação mental e suas bases neurofuncionais, conforme descrito no Capítulo 2 a seguir. Então, foram buscadas outras habilidades que compartilham as mesmas bases neurofuncionais, relatadas nos Capítulos 3 e 4, visto que uma base neurológica em comum está usualmente correlacionada a aspectos cognitivos em comum (Tagaris et al., 1997; Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar, & McMins, 2001). Estudos já realizados revelaram evidências de forte envolvimento das áreas parietal e frontal na rotação mental, e um envolvimento menor de áreas temporais (Gill, O'Boyle & Hathaway, 1998; Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar & McMains, 2001). Assim, este estudo focalizou as regiões mais claramente relacionadas à rotação, que são as parietais e frontais, responsáveis, também, por outras habilidades, tais como processamento visomotor e memória de trabalho (Tagaris et al., 1997; Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar, & McMins, 2001).

## 2. REPRESENTAÇÃO MENTAL

O que marca a neurociência cognitiva como um novo campo, diferenciado na neurociência clássica, são os paradigmas desenvolvidos pela psicologia cognitiva, incluindo o estudo da atividade mental como o processamento de informação na resolução de problemas. A psicologia cognitiva apóia-se na suposição que os seres humanos não percebem nem agem diretamente sobre o mundo; antes, as percepções, pensamentos e ações dependem de transformações internas ou processamentos (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002). Assim, as informações são obtidas por meio dos órgãos dos sentidos, mas a habilidade para compreender essa informação, reconhecer isto como algo experimentado anteriormente, e escolher uma resposta adequada depende de uma interação complexa de processos, envolvendo representações (Sternberg, 2000).

A psicologia cognitiva encontra-se pautada na investigação de como nós manipulamos representações. Uma suposição básica da psicologia cognitiva é que tarefas são compostas por um conjunto de operações mentais. Operações mentais envolvem pensar na representação como um *input*, executando algum tipo de processo nesse *input*, e então produzindo uma representação nova, ou um *output*. Desta forma, as operações mentais são processos que geram, elaboram, ou manipulam representações mentais (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002).

Assim, na abordagem cognitiva dois conceitos apresentam-se como chave. O primeiro conceito é que o processamento de informação depende de representação interna, o segundo é que a representação mental sofre transformações. As transformações que ocorrem na representação mental tornam-se evidentes quando se considera de que forma os sinais sensoriais são conectados com o conhecimento armazenado na memória (Paivio, 1990).



Conforme descrito por Paivio (1990), em uma definição de um dicionário leigo o termo representação é referido como algo exibido na mente; uma semelhança, retrato, imagem, ou descrição; um sinal ou símbolo; quadro, arte plástica ou estátua. Tais definições indicam que as representações podem ser físicas ou mentais, que elas são simbólicas e que variam em abstração. A representação mental equivale, portanto, a uma representação cognitiva ou interna, ou seja, uma representação é um tipo de código, uma forma de especificar informações (Kosslyn, 1994; Mellet, Tzourio-Mazoyer, Bricogne, Mazoyer, Kosslyn & Denis, 2000; Paivio, 1990).

Existem duas fontes principais de dados empíricos sobre a representação do conhecimento, os experimentos laboratoriais e os estudos clínicos. No trabalho experimental os pesquisadores estudam indiretamente a representação do conhecimento, observando como as pessoas lidam com várias tarefas cognitivas que exigem manipulação do conhecimento representado mentalmente. Nos estudos clínicos, especialmente quando há dados sobre o funcionamento neurológico, os investigadores observam como o cérebro responde às diversas tarefas cognitivas que envolvem a representação do conhecimento, ou observam relações entre as alterações na representação do conhecimento e as patologias neurológicas associadas (Sternberg, 2000).

Existem diversas formas de representação mental, como a proposicional e a visual. Na forma proposicional, o conhecimento é representado em proposições básicas, em sentenças mentais, assemelhando-se à forma abstrata de uma proposição e sendo os símbolos os elementos básicos da representação (Kosslyn, 1994; Pylyshyn, 1987; Sternberg, 2000). Na forma visual, a representação é um tipo de figura, expressando significados por meio de sua semelhança física com o objeto representado (Kosslyn, 1994; Sternberg, 2000).

A psicologia cognitiva contribuiu de forma importante para a compreensão da representação mental visual, analisando como sujeitos codificam, recordam e transformam imagens visuais (Lohman, 1993). Essa representação mental visual pode corresponder a estímulos que estão disponíveis no ambiente num presente momento, ou a estímulos que não estão disponíveis (Sternberg, 2000). Apesar da imaginação mental poder envolver estímulos de diferentes modalidades, como auditiva, visual ou outra, os estudos na psicologia cognitiva têm focalizado a imaginação visual, ou seja, a representação mental do conhecimento visual (Sternberg, 2000). No presente trabalho é, também, focalizada especificamente a imaginação visual.

A imagética mental visual é uma das funções avaliadas pela neuropsicologia cognitiva. Como exposto anteriormente, a imagética mental visual é um termo usado para designar a evocação de quaisquer representações mentais de imagens. Pesquisas envolvendo a imagética mental visual tornaram-se um campo diversificado envolvendo estudos em áreas como processamento verbal, raciocínio matemático, raciocínio visoespacial e memória, entre outros (Guedes, 1998; Guedes & Capovilla, 1997), contribuindo, desta forma, para explicar como as habilidades espaciais podem se apresentar (Lohman, 1993).

### **2.1. Imaginação mental e processamento espacial**

As representações mentais visuais podem ser processadas de diferentes maneiras. Tal processamento é denominado, de forma geral, de habilidade visoespacial, definida como a habilidade para gerar, reter, recuperar e transformar imagens visuais bem estruturadas. Esse não é um construto único, na realidade, há vários componentes das habilidades visoespaciais, que enfatizam aspectos diferentes do processo de geração de imagem, armazenamento, recuperação e transformação da informação (Lohman,

1993).

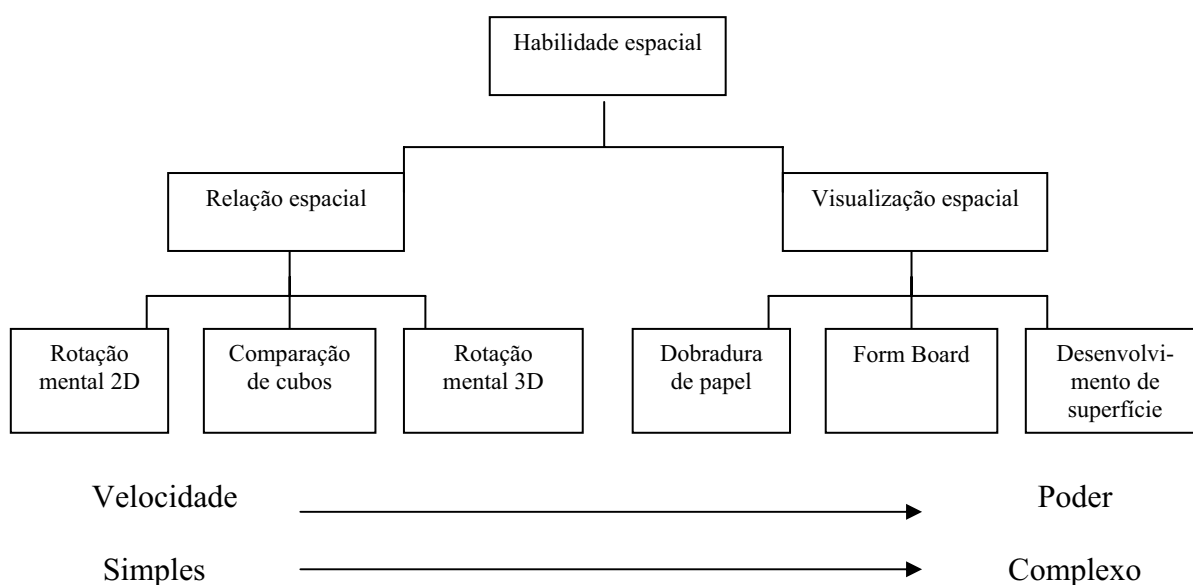
De acordo com Ellis e Young (1989), as habilidades visoespaciais são subdivididas em habilidades visuais e habilidades espaciais. As habilidades visuais incluem o processamento de cor e de movimento; as habilidades espaciais incluem localização visual, atenção espacial, conhecimento espacial e raciocínio espacial. O presente estudo focalizou as habilidades espaciais, segundo a nomenclatura de Ellis e Young (1989).

Guttman, Epstein, Amir e Guttman (1990) realizaram uma revisão sobre teorias e estudos de habilidade espacial, seus fatores e testes que avaliam tal habilidade. Foi observada a falta de consenso entre os diferentes estudos, de forma que alguns conceitualizaram a habilidade espacial como unifatorial, e outros a subdividiram em dois, três ou mesmo quatro fatores. Assim, enquanto na década de 1920 as habilidades visoespaciais tendiam a ser consideradas como um fator unitário, um subtipo das habilidades intelectuais gerais, nas décadas seguintes surgiram estudos sugerindo que elas fossem decompostas. Pesquisas realizadas nas décadas de 1940 e 1950 diferenciavam dois possíveis fatores espaciais, orientação espacial e visualização espacial, sendo que os testes de orientação espacial exigiam rotação mental para a solução dos problemas, mas não os testes de visualização. Pesquisas subsequentes diferenciaram outros fatores, tais como relação espacial, fluência de figuras e velocidade de fechamento de figuras.

Segundo Embretson (1996), existem dois componentes principais da habilidade espacial, a visualização espacial e a relação espacial. A visualização espacial envolve manipulação espacial complexa, como rotação de objetos tridimensionais, dobradura ou reflexão de objetos complexos. É requerida, por exemplo, no teste de dobradura de papel, na qual a tarefa do sujeito é selecionar a figura completa que poderá ser construída com um conjunto de peças randomicamente organizadas exibida no canto

superior esquerdo do item (Pellegrino & Kail, 1982). A relação espacial envolve manipulações espaciais mais simples, como objetos giratórios e rotação de figuras bidimensionais (Embretson, 1996). É requerida, por exemplo, no teste de comparação de cubos, no qual a tarefa do sujeito é determinar se dois cubos estão logicamente consistentes (iguais) ou inconsistentes (diferentes), requerendo para isso uma rotação de 90°, de um ou mais superfícies (Pellegrino & Kail, 1982).

Pellegrino e Kail (1982) conduziram um estudo a respeito dos componentes da habilidade espacial e dos testes que avaliariam cada um destes componentes, e também derivaram um modelo com dois fatores. Conforme apresentado na Figura 2, as tarefas de comparação de cubos, bem como a rotação de figuras bidimensionais estariam relacionadas ao fator de relação espacial, e não de visualização, como também sugerido por Embretson (1996).

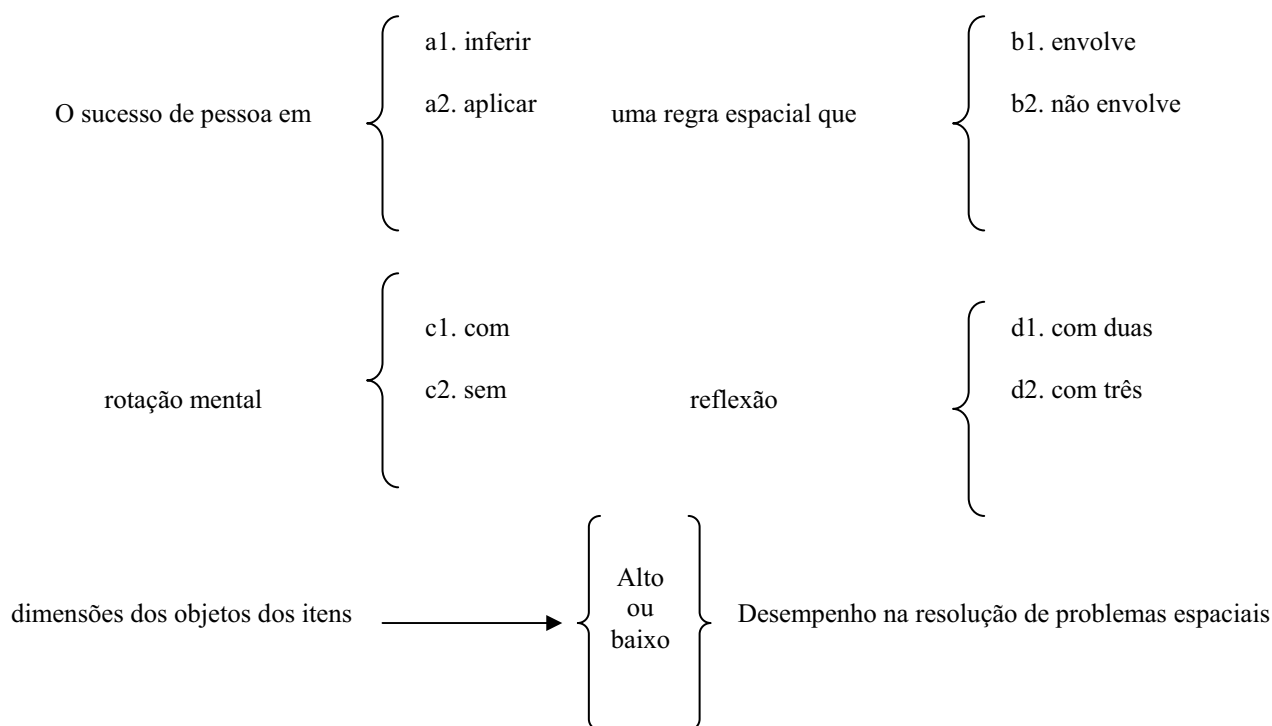


*Figura 2.* Representação simplificada dos fatores da aptidão espacial, testes e dimensões do desempenho (Pellegrino & Kail, 1982).

Apesar dessa divisão clássica em dois fatores, uma outra divisão possível é em três fatores, conforme descrito por Pellegrino e Kail (1982). O fator adicional é

denominado orientação espacial e envolve a habilidade para imaginar como um estímulo ou uma ordem de estímulos vai aparecer de outra perspectiva. Os outros dois fatores envolvem as habilidades já definidas de relação espacial e visualização espacial. Assim, o fator de relações espaciais está relacionado à habilidade para resolver, de forma rápida e precisa, os processos de rotação mental que são necessários para julgamentos sobre a identidade de um par de estímulos exigidos em determinadas tarefas. O fator de visualização espacial é avaliado por tarefas que são relativamente menos velozes que as resoluções exigidas nos testes de relações espaciais, sendo, por outro lado, mais complexas. Tais tarefas freqüentemente requerem uma manipulação na qual há movimento entre as partes internas do estímulo, dobrando e desdobrando padrões planos.

Segundo Guttman et al. (1990), as variações no número de fatores das habilidades espaciais devem-se, em parte, às diferentes maneiras de classificar os testes usadas pelos pesquisadores. É preciso, portanto, padronizar tal classificação, pois a uniformização dos termos permitirá a comparação dos resultados entre os estudos. Segundo aqueles autores, na análise dos testes de habilidades espaciais devem ser considerados diferentes aspectos do teste e dos estímulos, tais como o tipo de estímulo (em termos de número de dimensões do estímulo) e o tipo de processo mental (aplicação ou inferência de regras; necessidade ou não de rotação do estímulo; necessidade ou não de reflexão do estímulo). Com base nesse estudo de revisão, Guttman et al. (1990) propôs um esquema para a avaliação de testes de habilidade espacial, apresentado na Figura 3.



*Figura 3.* Esquema sugerido para a avaliação de testes de habilidade espacial (retirado de Guttman et al., 1990).

Conforme o modelo de Guttman et al. (1990), um teste de habilidade espacial pode exigir a inferência ou a simples aplicação de uma regra espacial. Esta, por sua vez, pode envolver ou não rotação mental, sendo com ou sem reflexão. Além disso, os estímulos apresentados aos sujeitos podem ser com duas ou três dimensões. Assim, há pelo menos quatro facetas a serem consideradas na análise dos testes espaciais.

A tarefa em relação à regra (Faceta A) especifica o tipo de raciocínio necessário, ou seja, se o sujeito deve descobrir a regra necessária para resolver o problema (inferência de regra), ou se ele deve apenas aplicar as regras previamente explicitadas a um determinado estímulo (aplicação de regra). Por exemplo, os itens das Matrizes Progressivas Coloridas de Raven requerem inferência de regra, já que os sujeitos devem determinar qual é a regra subjacente à seqüência de padrões e, depois, aplicar essa regra escolhendo qual pedaço completa um padrão específico. A necessidade ou não de

rotação (Faceta B) está relacionada a se uma figura (ou suas partes) necessita ser mentalmente rotacionada para se alcançar a solução. A reflexão (Faceta C) refere-se ao reconhecimento da imagem refletida de uma figura ou parte da figura. A dimensionalidade (Faceta D) refere-se à classificação do estímulo como sendo bi ou tridimensional (Guttman et al., 1990).

O modelo de Guttman et al. (1990) foi proposto a partir da união de diferentes teorias previamente desenvolvidas. Assim, conforme descrito por aqueles autores, a Faceta A, ou tipo de tarefa em relação à regra (aplicação ou inferência de regra), era considerada no modelo radex de inteligência (Guttman, 1965). Presença ou ausência de rotação mental, a Faceta B, aparecia no fator visualização espacial de Guilford, e também foi descrita por Bock e Kolakowsky (1973) e por Stafford (1961). A importância da Dimensionalidade, a Faceta D, foi sugerida por Vandenberg (1969), Yen (1975), e McGee (1979). Finalmente, a Faceta C (presença ou ausência de reflexão) foi apontada por Amir (1976) como uma particularidade original.

Dentre os vários conceitos importantes em habilidade espacial, o que interessa para a presente pesquisa é o de rotação mental, relacionado ao fator de relações espaciais. Este conceito é explorado mais detalhadamente na seção seguinte.

## **2.2. Rotação mental**

A rotação mental é uma forma específica de processamento de representação visual e pode ser definida como uma operação cognitiva feita com imagens mentais que, a partir de transformações contínuas, possibilita examinar mentalmente como esta imagem se apresenta ao ser girada em torno de um eixo específico (Sternberg, 2000).

Os estudos realizados sobre a habilidade de rotação mental fornecem uma relação direta entre pesquisas em psicologia cognitiva e em inteligência (Sternberg,

2000). Os problemas normalmente estudados na rotação mental são muito semelhantes aos problemas encontrados em testes psicométricos convencionais de capacidade espacial. Muitos testes cognitivos requerem a capacidade de analisar, avaliar e manipular as propriedades das representações mentais para respondê-los adequadamente (Paivio, 1990). Um exemplo típico inclui a comparação da percepção de objetos imaginados, comparação de símbolos, transformação mental e cálculo baseado na estrutura representacional.

A seleção de testes para avaliar rotação mental tem sido um desafio, visto que diferentes testes, com diferentes tarefas, têm sido propostos para proceder a tal avaliação. Porém, conforme relatado por Guttman et al. (1990), a maioria dos testes descritos como avaliando rotação mental envolve também reflexão, o que implica na avaliação não apenas da rotação mental, mas também de pelo menos mais uma habilidade espacial. Dois testes que não envolvem reflexão foram citados por Guttman et al. (1990), o teste clássico de julgamento de identidade proposto por Shepard e Metzler (1971) e o *Card Rotation Test* (French et al., 1963).

Segundo o esquema de Guttman et al. (1990), o teste proposto por Shepard e Metzler (1971) para a avaliação da rotação mental seria um teste com todos os itens em três dimensões, de aplicação de regras e em que todos os itens envolvem a rotação mental, mas não a reflexão, sendo, portanto apropriado para avaliar de forma mais pura a habilidade de rotação mental.

Nessa tarefa, em que foi investigada a rotação mental de objetos tridimensionais, eram apresentadas aos sujeitos duas figuras representando tais objetos, e a tarefa dos sujeitos consistia, então, em decidir se dois objetos mostrados eram idênticos ou se eram diferentes. Os dois objetos podiam estar rotacionados em relação um ao outro, conforme representado na Figura 4. Os autores manipularam a diferença de angulação existente entre os objetos e fizeram a rotação em torno de dois eixos, o de profundidade (eixo Y)



e o da figura (eixo Z). Eram registrados a resposta dos sujeitos e o tempo de julgamento necessário para cada tentativa (Richter et al., 2000).

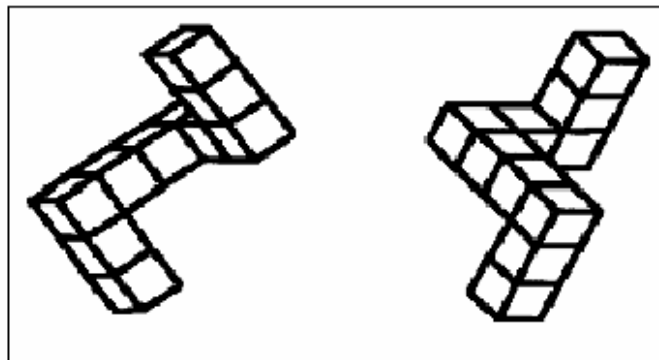


Figura 4. Tarefa proposta por Shepard e Merzler (Richter et al., 2000).

Outro teste que avalia a habilidade de rotação mental sem envolver a reflexão é o *Card Rotation Test* (French et al., 1963). É um teste com itens bidimensionais, com aplicação de regras e em que todos os itens envolvem a rotação mental, mas não a reflexão. O *Card Rotation Test* consiste de pares de figuras em que a primeira é uma figura padrão e as demais, figuras que podem ser idênticas à figura padrão, mas rotacionadas, ou diferentes, como imagens espelhadas. O sujeito tem que julgar se cada uma destas figuras é igual a ou diferente da figura padrão, como representado na Figura 5 (De Lisi & Wolford, 2002).

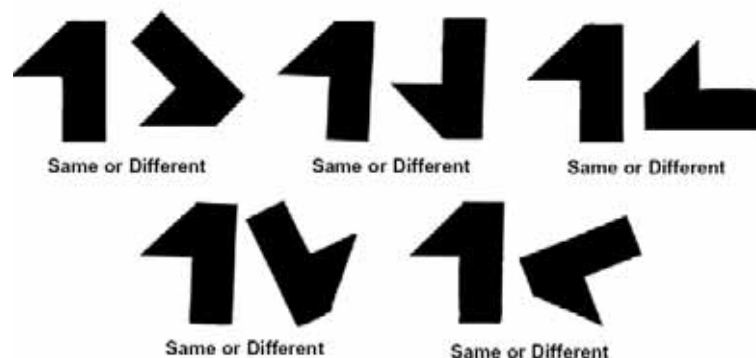


Figura 5. Figuras do *Card Rotation Test* (De Lisi & Wolford, 2002).

Como pode ser observado, frequentemente os estudos sobre rotação mental são conduzidos com adultos e apresentam objetos tridimensionais, devendo o sujeito decidir se dois objetos mostrados são idênticos ou se são imagens espelhadas. Em geral, os dois objetos encontram-se rotacionados em relação um ao outro (Guedes & Capovilla, 1997; Guedes, 1998; Richter et al., 2000).

Um achado consistente na bibliografia é que o tempo exigido para determinar a igualdade ou não de duas figuras rotacionadas é uma função linear da rotação requerida, isto é, da diferença de angulação entre os objetos. Este aumento do tempo de reação em função da diferença de angulação gera uma curva na forma de U invertido, pois há um aumento do tempo de reação até a diferença de angulação de  $180^\circ$  e, depois disso, um decréscimo (O'Boyle & Hathaway, 1998, Harris, Egan, Sonkkila, Tochon-Danguy, Paxinos & Watson, 2000; Richter et al., 2000; Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar & McMains, 2001; Petit, Pegna, Mayer, & Hauert, 2003; Johnstona, Leeka, Athertonb, Thacker, & Jackson, 2004).

Tal decréscimo ocorre porque, a partir de uma diferença de angulação de  $180^\circ$ , a rotação passa a ser feita no sentido contrário, que demanda menos rotação por corresponder a menor angulação. Por exemplo, um teste pode apresentar duas figuras a serem comparadas, sendo que a segunda figura está rotacionada a  $270^\circ$  no sentido horário em relação à primeira figura. Nesse caso, para efetivar a comparação, em vez de rotacionar a primeira figura em  $270^\circ$  no sentido horário, é mais econômico rotacioná-la apenas  $90^\circ$  no sentido anti-horário. Da mesma forma, uma figura rotacionada  $315^\circ$  no sentido horário corresponde a uma rotação de  $45^\circ$  negativa, ou seja, no sentido anti-horário. Como já descrito, a curva de tempo de reação em função da diferença de angulação sugere que o processamento cognitivo é exatamente o exposto, ou seja, a curva em U invertido revela que, a partir de  $180^\circ$ , os indivíduos realizam a rotação mental no sentido anti-horário, de modo que o tempo de reação progressivamente

diminui de 180° a 360° de diferença de angulação (O'Boyle & Hathaway, 1998, Harris, Egan, Sonkkila, Tochon-Danguy, Paxinos & Watson, 2000; Richter et al., 2000; Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar & McMains, 2001; Petit, Pegna, Mayer, & Hauert, 2003; Johnstona, Leeka, Athertonb, Thacker, & Jackson, 2004).

Com base nesse achado, Shepard alegou que a rotação mental é um processo analógico à rotação física, e que este processo de rotação é executado em uma representação mental que, de alguma maneira, preserva informações sobre a estrutura de todos os pontos durante a rotação (Richter et al., 2000).

Também nos estudos realizados por Petit, Pegna, Mayer e Hauert (2003), cujos estímulos eram partes do corpo, especialmente as mãos, o tempo de reação aumentou com a discrepância da angulação entre as figuras. Estudos realizados por Gentilucci, Daprati e Gangitano (1998); Zacks, Rypma, Gabrieli, Tuersky e Glover (1999); Gentilucci, Benuzzi, Bertolani, Daprati e Gangitano (2000); Prather e Sathian (2002); Petit, Pegna, Mayer e Havert (2003); Wolbers, Weiller e Büchel (2003); e Shenton, Schwoebl e Coslett (2004), também corroborando os achados de tempo de reação que sugerem que a rotação mental de partes do corpo segue os mesmo princípios empíricos da rotação de objetos de outra natureza.

Como pode ser observado, freqüentemente os estudos sobre rotação mental são conduzidos com adultos, e muitos fazem uso dos estímulos e da tarefa originalmente propostos por Shepard e Metzler. Alguns poucos estudos, porém, têm sido conduzidos com criança, tais como os de Grimshaw, Sitarenios e Finegan, (1995) e Ester (1998). Em tais estudos, foram usados como estímulos desenhos bidimensionais de macacos e ursos, conforme mostra as Figuras 6 e 7.

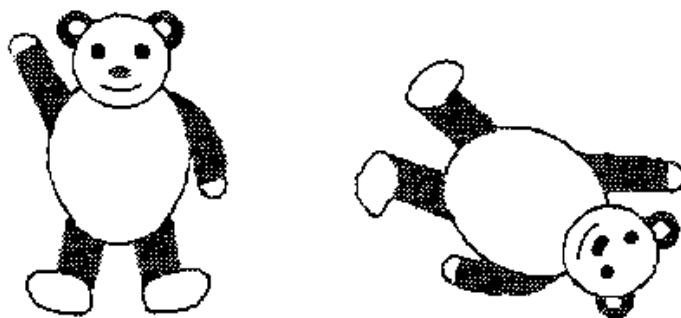


Figura 6. *The Teddy Bear Game*, teste para avaliação da rotação mental em crianças de Marmor (1975, 1977) (Grimshaw, Sitarenios & Finegan, 1995).

O estudo realizado por Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995) utilizou uma versão computadorizada do *The Teddy Bear Game*, em que eram apresentados 42 itens para julgamento de igualdade. Cada item apresentava como estímulo dois ursos em preto e branco; em metade das apresentações os ursos apareciam com o mesmo braço levantado. Os estímulos encontravam-se rotacionados nos ângulos de 30°, 60°, 90°, 120°, 150° e 180°. Nesse estudo participaram 60 crianças de sete anos de idade, sendo 29 do sexo feminino e 31 do sexo masculino.

Na análise dos resultados, houve efeito significativo de diferença de angulação sobre o tempo de reação,  $F_{(6, 210)} = 10,72, p < 0,001$ . A análise de tendência indicou um componente linear de 89% da variância no efeito de orientação. Uma análise similar da proporção de erro produzido pelo efeito de orientação também mostrou-se significativo,  $F_{(6, 240)} = 21,11, p < 0,001$ . O tempo de reação correlacionou-se positivamente com a proporção de erros, com  $r = 0,92$ . Ao analisar separadamente as crianças que utilizaram a estratégia de rotação e as que não utilizaram, separadas por meio de entrevista com as mesmas após a realização da tarefa de rotação mental, percebeu-se forte relação entre o tempo de reação e a diferença de angulação para as crianças que utilizavam a rotação.

Outro aspecto analisado no estudo de Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995) foi o efeito do gênero na tarefa de rotação mental. Houve diferença significativa entre o desempenho das meninas e dos meninos, sendo esses mais rápidos e mais precisos,  $F_{(1, 37)} = 110,71, p < 0,001$ .

Os resultados encontrados por Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995), corroboram evidências demonstradas em diversos outros estudos sobre diferenças de gênero, sendo os homens mais rápidos e mais precisos que as mulheres (Desrocher, Smith & Taylor, 1995; Guedes & Capovilla, 1997; Delgado & Prieto, 1997; Quaiser-Pohl & Lehmann, 2002; Covre, Piza, Lokasova & Macedo, 2002; Weiss et. al., 2003; Roberts & Bell, 2003; Seuinck, Vingerhoets, Lange & Achteh, 2004, Peters, 2004; Anders & Hampson, 2004; Rilea, Roskos-Ewoldsen & Boles, 2004; Hooven, Chabris, Ellison & Kosslyn, 2004; Driscolla, Hamiltona, Yeob, Brooksc & Sutherland, 2005). Segundo Weiss et al. (2003), os testes que envolvem a habilidade de rotação mental são os que apresentam diferenças entre gênero de forma mais consistente dentre todos os testes neuropsicológicos.

O experimento conduzido por Ester (1998) utilizou como estímulo desenho de macacos também em preto em branco. Existiam dois estímulos que diferiam apenas na posição dos braços e a tarefa das crianças era, assim como no experimento de Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995), julgar a igualdade dos pares de figuras apresentados. Participaram desse estudo 40 crianças, com idades de quatro e seis anos, sendo 20 do sexo masculino e 20 do sexo feminino.

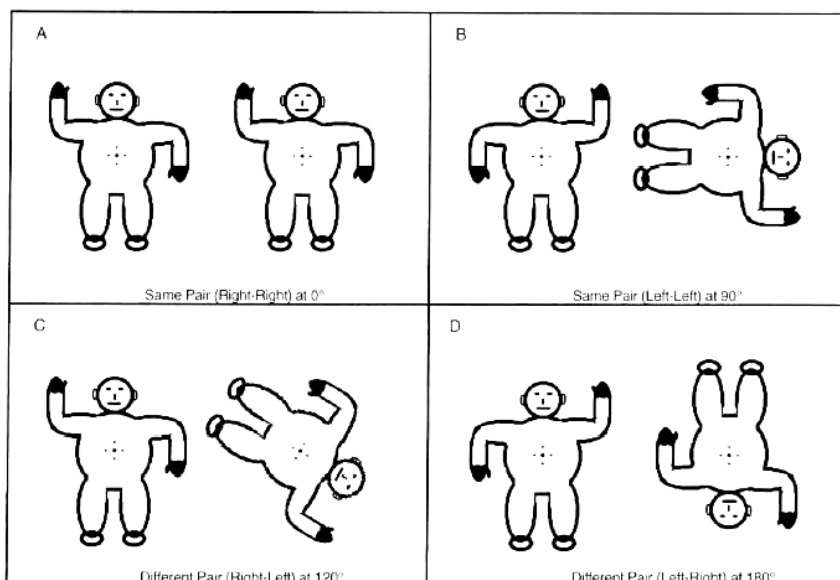


Figura 7. Exemplos dos estímulos usados no teste de rotação mental (Ester, 1998).

A análise dos resultados obtidos revelou, assim como no estudo de Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995), efeito significativo de orientação sobre o tempo de reação, bem como uma forte relação entre o tempo de reação e a orientação nas crianças que utilizaram a estratégia de rotação mental. Esse estudo mostrou que as crianças mais velhas apresentavam maior número de julgamentos corretos, sendo que as crianças de seis anos apresentaram média de acerto de 83% e as de quatro anos obtiveram média de 60% nos julgamentos corretos. As crianças de seis anos também tiveram maior rapidez, com alta correlação entre o aumento de acertos e o aumento da idade da criança.

Conforme descrito por Ester (1998), pesquisas recentes têm sugerido que crianças pré-escolares têm um mecanismo surpreendentemente sofisticado para entender a imagem mental. Crianças menores de três anos entendem que as imagens mentais existem, são inacessíveis a outras pessoas e diferem fundamentalmente dos objetos físicos que elas representam.

Modelos teóricos têm sido propostos buscando explicar os componentes cognitivos envolvidos neste processo de julgamento de identidade em tarefas de rotação

mental. A Figura 8 representa um destes esquemas, proposto por Pellegrino e Kail (1982), com os processos que o sujeito realiza durante uma tarefa de julgamento da identidade de sólidos. Inicialmente ocorre uma codificação do estímulo ( $e$ ); depois a rotação do estímulo ( $r$ ), cuja duração irá variar de acordo com o grau em que o estímulo foi rotacionado; em seguida ocorre a comparação do estímulo ( $c$ ) e, por último, a resposta ( $m$ ). Desta forma, a equação global do tempo de reação nesta tarefa pode ser escrita como:  $TR = x(r) = (e + c + m)$ , onde  $x$  representa a disparidade angular entre os estímulos que são comparados, e  $r$ ,  $e$ ,  $c$  e  $m$  representam o tempo para rotação, codificação, comparação e resposta, respectivamente (Pellegrino & Kail, 1982).

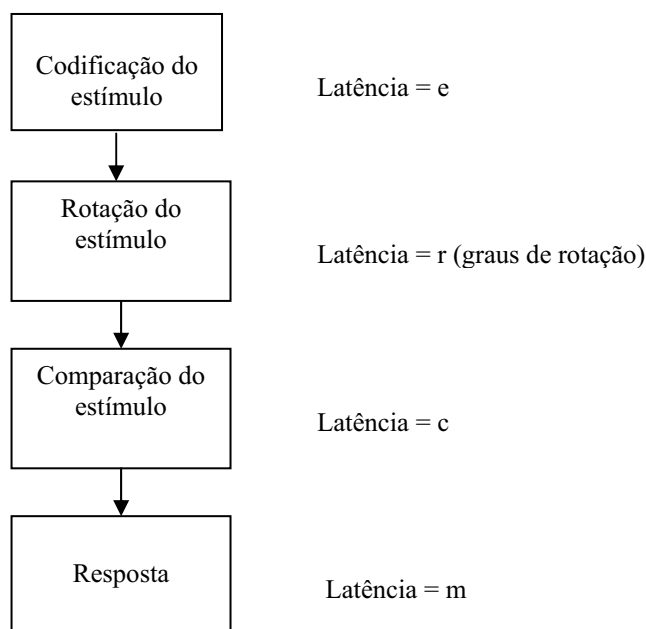


Figura 8. Representação do modelo de Cooper e Shepard (1973) para solução de problemas simples de rotação mental (Pellegrino & Kail, 1982).

Outro esquema que se propõe explicar o processo de resposta e o tempo de reação em tarefas que envolvem a habilidade de rotação mental é o de Just e Carpenter (1976). Para a criação desse esquema, foi avaliada a fixação ocular dos sujeitos durante a resolução da tarefa proposta. Os resultados sugeriram três estágios de processamento,

o primeiro foi denominado de pesquisa; o segundo, transformação e comparação; e o terceiro estágio, confirmação.

No primeiro estágio, há uma pesquisa por segmentos das duas figuras que apresentem correspondências entre si. A função da pesquisa é selecionar segmentos das duas figuras que potencialmente possam ser transformados um no outro. Durante o próximo estágio, de transformação e comparação, os dois segmentos correspondentes são rotacionados. A operação de transformação e comparação é aplicada diversas vezes nas representações mentais dos segmentos. Assim, cada passo desse estágio corresponde a uma rotação, e esse processo pode ocorrer diversas vezes até se obter um número satisfatório que permita que os dois segmentos fiquem em orientações congruentes. O terceiro estágio, o da confirmação, envolve verificar se a rotação colocou os dois segmentos em congruência, o que conseqüentemente assegura que as outras partes das duas figuras também estarão em congruência (Just & Carpenter, 1976).

O processamento cognitivo envolvido na rotação mental está relacionado à ativação de algumas regiões corticais, conforme será exposto na seção seguinte.

### **2.2.1. Bases neurológicas da rotação mental**

Em termos de bases neurológicas da rotação mental, o fato dos processos visoespaciais serem mediados principalmente pelo hemisfério direito (HD) é conhecido e demonstrado em diversos estudos. Entretanto, outros estudos sugerem a importância do hemisfério esquerdo (HE) para tarefas visoespaciais em geral e, também, para a rotação mental (Richter et al., 2000). Assim, apesar de ainda existirem controvérsias, a noção de interação entre os hemisférios nas tarefas de rotação mental apresenta consideráveis evidências, conforme descrito a seguir (Richter et al., 2000).



Estudos neuropsicológicos, como por exemplo, os realizados por Deutsch, Boubon, Papanicolau e Eisenberg (1991) e Deutsch e Halsey (1991), relataram maior fluxo de sangue no HD do que HE durante rotação mental nas tarefas dos blocos de Shepard e Metzler. Já os resultados obtidos por Ornstein et al. (1980) demonstraram uma maior atividade do lobo parietal esquerdo para os mesmos estímulos apresentados, conforme avaliado pelo eletroencefalograma (EEG). A diversidade de procedimentos experimentais e de tecnologias para medir quais áreas cerebrais estariam envolvidas nos processos poderia justificar tais resultados divergentes.

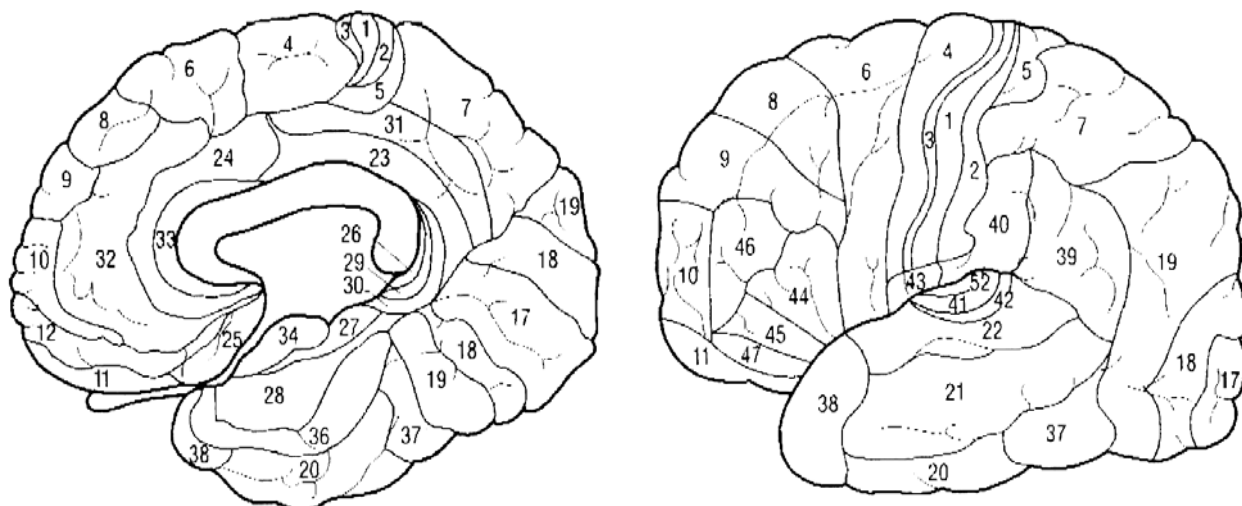
Contudo, uma explicação adicional pode originar-se do fato de que a rotação mental, assim como outras tarefas cognitivas complexas, inclui diversos processos, como anteriormente discutido, tais como a codificação dos estímulos, a geração de imagem, a rotação mental e comparação, e a decisões de semelhança ou não. Desta forma, pode ser que alguns dos resultados contraditórios relativos às regiões corticais que mediam o processo da rotação mental encontrados na literatura estejam relacionados aos diferentes padrões de ativação cerebral e de envolvimento dos hemisférios que emergem dependendo dos processos componentes envolvidos (Richter et al., 2000).

Em termos de locais específicos de ativação em tarefas de rotação mental, há vastas evidências do envolvimento do lobo parietal superior na tarefa de rotação mental. Tal fato tem sido demonstrado por meio de estudos com fMRI que mostram a ativação do lobo parietal superior em tais tarefas (Richter et al., 2000). A ativação do lobo parietal e sua importância para a habilidade de rotação mental, bem como para as transformações visomotoras e visoespaciais são relatadas, também, em estudos realizados por Gill, O'Boyle e Hathaway (1998), Harris, Egan, Sonkkila, Tochondanguy, Paxinos e Watson (2000), Harris e Miniussi (2003), Johnstona, Leeka, Athertonb, Thacker, e Jackson (2004), Jordan, Heinze, Luz, Kanowski e Jäncke

(2001), Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar e McMains (2001), Petit, Pegna, Mayer e Hauert, (2003), e Wolbers, Weiller e Büchel (2003).

A área parietal está envolvida com a discriminação de posição dos objetos no espaço, bem como com o sentido de corpo (Pliszka, 2004) A ativação do lobo parietal na rotação mental, desta forma, é esperada na habilidade de rotação mental, já que como descrito anteriormente essa habilidade envolve uma variedade de transformações visoespaciais e visomotoras (Harris, Egan, Sonkkila, Tochon-Danguy, Paxinos & Watson, 2000; Harris & Miniussi, 2003).

Há, ainda, evidências de participação do lobo frontal e, mais especificamente, do córtex pré-frontal (Choen et al., 1996; Richter et al., 2000). O lobo frontal pode ser dividido em três regiões, uma parte mais posterior correspondente ao córtex motor primário (área 4 de Brodmann); as áreas anterior e ventral, correspondentes ao córtex pré-motor e área motora suplementar (áreas 6, 8, 44 – área de Broca, e 45); e o córtex pré-frontal (Gil, 2002). O córtex pré-frontal ocupa de um terço a um quarto do córtex humano e pode ser subdividido em três regiões: *córtex pré-frontal lateral* (áreas 45 e 46, partes das áreas 9 a 12 e região superior da área 47); *córtex pré-frontal ventromedial* ou *córtex orbitofrontal* (áreas porções inferiores da área 47 e partes medias das áreas 9 a 12) e *córtex cingulado anterior* (áreas 24, 25 e 32, regiões internas das áreas 6, 8, 9 e 10). A numeração das áreas corresponde ao sistema classificatório de Brodmann e encontram-se representadas na Figura 9.



*Figura 9.* Áreas citoarquitetônicas conforme a classificação de Brodmann, representação da superfície interna e da estrutura externa do encéfalo (Gil, 2002, p. 7).

Corroborando a participação das regiões parietal e frontal em tarefas de rotação mental, Cohen et al. (1996) encontraram dados consistentes de ativação das áreas de Brodmann 7a e 7b durante a rotação, bem como do giro mediano (área 8) e alguma atividade das áreas 19 e 39. Além disso, a ativação diferencial do córtex frontal foi verificada, juntamente com a ativação do córtex de pré-motor e a área do córtex de somatossensorial da mão. Demonstrou-se, desta forma, que a rotação mental envolve algumas das mesmas regiões corticais requeridas para mover objetos e que codificam suas relações de espaço.

Também em pesquisas realizadas com a rotação mental de segmentos do corpo, em especial com as mãos, tem sido relatada ativação do lobo parietal superior e do córtex pré-motor, assim como nas pesquisas realizadas com objetos bi e tridimensionais (Gentilucci, Benuzzi, Bertolani, Daprati & Gangitano, 2000; Gentilucci, Daprati & Gangitano, 1998; Petit, Pegna, Mayer & Havert, 2003; Prather & Sathian, 2002; Shenton, Schwoebel & Coslett, 2004; Wolbers, Weiller & Büchel, 2003; Zacks, Rypma, Gabrieli, Tuersky & Glover, 1999). Tais evidências de ativação cortical corroboram os

achados de tempo de reação que sugerem que a rotação mental de partes do corpo segue os mesmos princípios empíricos da rotação de objetos de outra natureza.

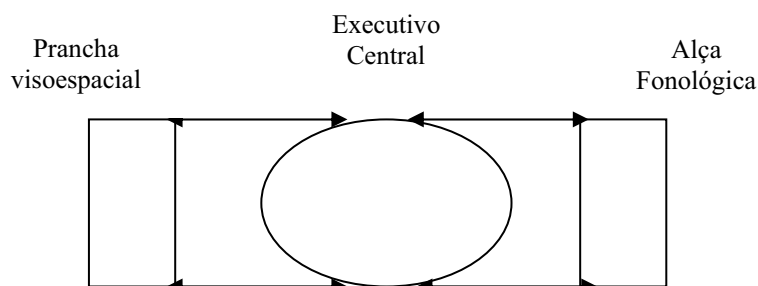
Nos capítulos 3 e 4 serão analisadas as habilidades de memória de trabalho visual e habilidade visomotora, bem como suas bases neurológicas que compartilham as mesmas bases neurofuncionais da habilidade de rotação mental descrita nesse capítulo.

### 3. MEMÓRIA DE TRABALHO

A memória é o meio pelos quais os sujeitos recorrem ao conhecimento passado, a fim de utilizá-lo no presente (Colom & Folres-Mendoza, 2001; Sternberg, 2000). As várias divisões descritas para a memória estão relacionadas a retenção, processamento e necessidade de evocação e recuperação da informação (Sternberg, 2000). Uma das divisões agrupa dois grandes sistemas de memória, que se dividem em outros subsistemas. Esses sistemas maiores relacionam-se às memórias declarativas – para fatos e eventos, dependentes de esforços para evocação - e não declarativas – para fatos e eventos evocadas durante a execução de tarefas (Bear, Connors & Paradiso, 2002 ).

Um outro tipo de divisão é entre memória de longo prazo, de curto prazo e de trabalho. A memória de longo prazo refere-se à lembrança de informações após horas, dias ou semanas. A memória de curto prazo refere-se a lembranças de informações após segundos ou minutos, incluindo habilidades e sensações (Bear, Connors & Paradiso, 2002). A memória de trabalho refere-se à habilidade para manter e manipular informações durante um curto intervalo de tempo (Crottaz-Herbette, Anagnoson, & Menon, 2004; Wagar & Dixon, 2005), sendo, dessa forma, conceitualizada como um depositário temporário de informações que depois poderão ser acessadas (Sternberg, 2000). Essas informações manipuladas para a resolução de uma dada tarefa, podem ser de uma experiência passada armazenada na memória de longo prazo ou que podem estar disponíveis no ambiente atual (Sternberg, 2000).

No modelo de memória de trabalho proposto por Baddeley (2000), essa é compreendida como tendo dois subsistemas e um executivo central, conforme ilustra a Figura 10. Um subsistema é a alça fonológica, que mantém ativa informação verbal por meio do ensaio fonoarticulatório encoberto. O outro subsistema é a prancha de desenho visoespacial, que mantém representações imagéticas de objetos e suas posições espaciais.



*Figura 10.* Modelo de memória de trabalho proposto por Baddeley e Hitch (Baddeley, 2000).

Estudos de neuroimagem, tais como os descritos por Braver, Choen, Nystrom, Jonides, Smith e Noll (1997), Chein e Fiez (2001), Leunga e Zhang (2004), Pessoa e Ungerleider (2004), Pliszka (2004), Oliveri, Turriziani, Carlesimo, Koch, Tomaiuolo, Panella e Caltagirone (2001), e Ungerleider, Courtney e Haxby (1998), sugerem que o córtex pré-frontal encontra-se envolvido no processo de memória de trabalho, sendo relacionado ao depositário primário de informações, o que permite a integração entre a informação perceptual atual e o conhecimento armazenado.

De acordo com Pliszka (2004) e Baddeley (2000), o córtex pré-frontal dorsolateral é a estrutura fundamental da memória de trabalho seja da informação verbal ou espacial. A informação verbal tende a ser processada no córtex pré-frontal dorso lateral esquerdo – alça fonológica; enquanto a informação espacial tende a ser processada no córtex pré-frontal dorso lateral direito – prancha visoespacial.

Pacientes com lesões pré-frontais bilaterais apresentam dificuldades em tarefas de memória de trabalho. Raramente eles exibem problemas de linguagem explícitos e reconhecem objetos facilmente, entretanto, quando avaliados, esses pacientes apresentam prejuízos, tendendo a perseverar<sup>1</sup> nas respostas emitidas, apesar de terem melhor desempenho que pacientes com lesões temporais e parietais em tarefas de

<sup>1</sup> A perseveração é a manutenção de uma mesma resposta diante de estímulos ou tentativas diferentes, é uma característica das síndromes pré-frontais.

memória de armazenamento, que simplesmente exigem a recordação da informação imediatamente após sua apresentação (Bear, Connors & Paradiso, 2002; Pliszka, 2004).

Diversos testes são utilizados para avaliar as funções de memória de trabalho. Um dos instrumentos mais empregados é o Wisconsin Card Sorting Task ou Teste de Categorização de Cartas de Wisconsin (Lezak, 1995; Pliszka, 2004; Cozza, 2005). Este teste tem sido amplamente usado para avaliar pacientes com disfunção no lobo frontal. Esses pacientes tendem a apresentar erros de perseveração, mantendo o mesmo padrão de agrupamento. Esse padrão pode ser compreendido como uma dificuldade em reter informação sobre quais características do estímulo foram anteriormente relevantes, de modo a guiar o comportamento presente, possibilitando a escolha de uma outra característica que não a anteriormente usada. Sendo assim, a perseveração pode ser reflexo de uma deficiência no sistema de memória de trabalho (Bear, Connors & Paradiso, 2002; Cozza, 2005; Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002).

### **3.1. Memória de trabalho visual**

Como exposto anteriormente, a memória de trabalho permite manter ativamente a representação de uma informação por um período breve de tempo de forma que esta informação possa estar disponível para uso. Em macacos, a memória de trabalho visual envolve a atividade combinada de um sistema neural que inclui áreas posteriores do córtex visual e áreas anteriores do córtex de pré-frontal (Ungerleider, Courtney, & Haxby, 1998).

Gallera e Fubs (2003) conduziram um estudo para investigar a natureza dos recursos empregados pelo sistema de memória visoespacial de curto prazo determinando o efeito de duas tarefas de supressão, uma verbal e uma aritmética, sobre o reconhecimento de letras e de padrões visuais numa tarefa de localização espacial.

Foram realizados dois experimentos. O primeiro avaliou os recursos disponíveis ao sistema de memória visual a curto prazo utilizando uma tarefa de supressão articulatória e uma tarefa aritmética de subtração. Nestas condições foram manipulados a posição serial, posição espacial, conjunto apresentado e similaridade.

A tarefa de localização espacial utilizada consistiu na apresentação seqüencial de quatro estímulos em quatro posições, seguidos por um estímulo teste, apresentado em posição neutra. A taxa de recordação correta da posição das letras foi afetada pelas tarefas intervenientes ( $F_{(2,22)}=94,26, p < 0,001$ ). A taxa de acertos foi maior (82%) nas provas em que o participante pôde articular livremente o nome das letras. Nas provas em que a tarefa de supressão articulatória foi utilizada a taxa de acertos foi de 71%. Nas provas em que foi realizada a tarefa aritmética a taxa de acertos ficou em 49%. O desempenho não foi afetado de forma significativa pela similaridade entre os estímulos ( $F_{(3,33)} < 1$ ). O efeito principal da posição serial foi significativo ( $F_{(3,33)} = 22,78, p < 0,001$ ). Comparando a tarefa aritmética com a tarefa de controle, houve redução de 40 pontos percentuais na taxa de acertos dos três primeiros estímulos apresentados, e 12 na taxa de acertos do último estímulo, sendo a vantagem do último estímulo devido ao efeito de recência. A análise das respostas incorretas revelou que os erros tenderam a ser mais concentrados nas posições próximas daquela que o alvo foi apresentado ( $F_{(2,22)}=4,01, p=0,030$ ), tendendo a se agruparem em função da proximidade temporal com o alvo ( $F_{(6,66)}=13,38, p < 0,001$ ).

A análise da distribuição das respostas nas diferentes posições espaciais revelou que os erros tendem a ser mais concentrados nas posições próximas à posição do alvo ( $F_{(2,22)}=8,3, p=0,015$ ). A ausência do efeito da supressão articulatória sobre a recordação dos padrões visuais sem nome confirma que o armazenamento deste tipo de estímulo não utiliza o laço fonológico. Contudo, não se pôde afirmar que a supressão articulatória nas provas com letras tiveram restringido os participantes a utilizarem apenas o



rascunho visoespacial de curto prazo para armazenar a informação. A suposição inicial de que as letras, sem suas características fonológicas, se comportariam apenas como figuras visuais não foi verificada. A taxa de acertos obtida nas provas com letras é maior do que a taxa de acertos obtidos com figuras, tanto para a tarefa de supressão verbal ( $p=0,009$ ) como na tarefa aritmética ( $p=0,007$ ). O efeito da similaridade foi reavaliado em um novo experimento utilizando letras e padrões visuais com níveis mais acentuados de similaridade/dissimilaridade.

No segundo experimento conduzido por Gallera e Fubs (2003), foram utilizados como estímulos 16 letras e 16 padrões visuais. As letras e padrões visuais foram combinadas assim como no experimento anterior. Os participantes passaram por duas condições experimentais, uma tendo letras e outra padrões visuais sem nome como estímulos. Observou-se que a recordação das duas últimas letras em cada série foi melhor do que a das duas primeiras ( $F_{(3,30)}=12,93$ ,  $p < 0,001$ ), revelando um efeito de recência. A taxa de recordação de letras com similaridade alta é menor do que a taxa de recordação das letras com similaridade baixa ( $F_{(1,10)}= 17,39$ ,  $p=0,002$ ). Essa diferença se restringiu aos dois últimos estímulos sendo só os estímulos da recência afetados pela similaridade ( $F_{(3,30)}=4,27$ ,  $p=0,013$ ). A taxa de respostas incorretas variou de forma sistemática em função da posição espacial ocupada pelo estímulo teste.

A análise dos padrões visuais sem nome confirmou que a taxa de acertos também é maior para os dois últimos estímulos apresentados ( $F_{(3,30)}=23,59$ ,  $p < 0,0001$ ), sendo a porcentagem de recordações corretas maior quando os estímulos são pouco similares entre si do que quando são mais similares ( $F_{(1,10)}=9,07$ ,  $p=0,013$ ). O efeito da similaridade variou em função da ordem de apresentação dos estímulos ( $F_{(3,30)}=4,43$ ,  $p=0,011$ ); ao contrário do que acontece com as letras, o efeito da similaridade é maior sobre o primeiro estímulo. A taxa de respostas incorretas mostrou-se associada à posição espacial na qual o alvo é apresentado. Comparando os resultados obtidos com

letras e padrões visuais, pode-se constatar que a taxa de recordação dos padrões visuais foi 26 pontos percentuais menor do que a recordação de letras ( $F_{(1,10)}=66,73$ ,  $p<0,001$ ). O efeito da similaridade foi pequeno ( $F_{(1,10)}=14,38$ ,  $p<0,001$ ), embora seja maior nas provas com padrões visuais do que nas provas com letras. A taxa de reconhecimento dos dois tipos de estímulos foi afetada pela similaridade visual, sugerindo que algum tipo de memória visual de curto prazo está envolvido.

O efeito da similaridade visual sobre a taxa de reconhecimento de letras se restringe aos dois últimos estímulos apresentados, sugerindo que no momento da apresentação do estímulo esses ainda mantinham traços de suas características visuais. Os resultados mostram corroboram a idéia de que o armazenamento dos padrões visuais não depende do laço articulatório, sugerindo que o armazenamento desses estímulos é realizado por um sistema de memória visual a curto prazo. A realização simultânea da tarefa aritmética afeta de forma significativa as taxas de reconhecimento dos padrões visuais e das letras. A supressão verbal não afeta o desempenho dos padrões visuais, e a tarefa aritmética tem o mesmo efeito nos padrões visuais e nas letras, podendo-se concluir que a tarefa de subtração afeta o componente espacial do sistema de memória visoespacial a curto prazo. Os resultados corroboram a independência entre o processamento de estímulos verbais e de estímulos visuais.

Durante tarefas de memória de trabalho visual, Ungerleider, Courtney, e Haxby (1998) observaram a ativação, no córtex visual, das áreas ventrais envolvidas na visão de objetos, e das áreas dorsais envolvidas na noção de espaço. Foi observada, também, ativação do córtex de pré-frontal, especialmente das áreas ventrolateral, envolvidas principalmente na memória de trabalho para representações imagéticas de objetos, e áreas dorsolaterais, envolvidas principalmente na memória de trabalho para posições espaciais de objetos.

A organização dessa distribuição do sistema neural para a memória de trabalho

em macacos parece permanecer em humanos, entretanto existem algumas diferenças entre as duas espécies. Em humanos, áreas especializadas para representações imagéticas de objetos apresentam uma localização mais inferior no córtex temporal, enquanto áreas especializadas em posições espaciais de objetos apresentam-se em um local mais superior no parietal córtex. Este deslocamento das áreas visuais para longe do córtex perissilviano posterior pode estar relacionado com aparecimento da linguagem no curso da evolução cerebral (Ungerleider, Courtney, & Haxby, 1998).

Estudo realizado por Postle, Stern, Rosen e Corkin (2000) relatou intensa ativação das áreas pré-frontais bilaterais (área 46), córtex pré-motor medial e lateral (áreas 6 e 8) e córtex parietal (áreas 7 e 40) em tarefas de memória de trabalho com informações visoespaciais.

Há evidências de que memória de trabalho visual e rotação mental estão correlacionadas (Guedes & Capovilla, 1997). Segundo o modelo de Baddeley (2000), a prancha de desenho visoespacial mantém representações imagéticas de objetos e suas posições espaciais, e está situada no córtex pré-frontal lateral direito, sendo desta forma necessária na resolução de problemas que envolvem a habilidade de rotação mental.

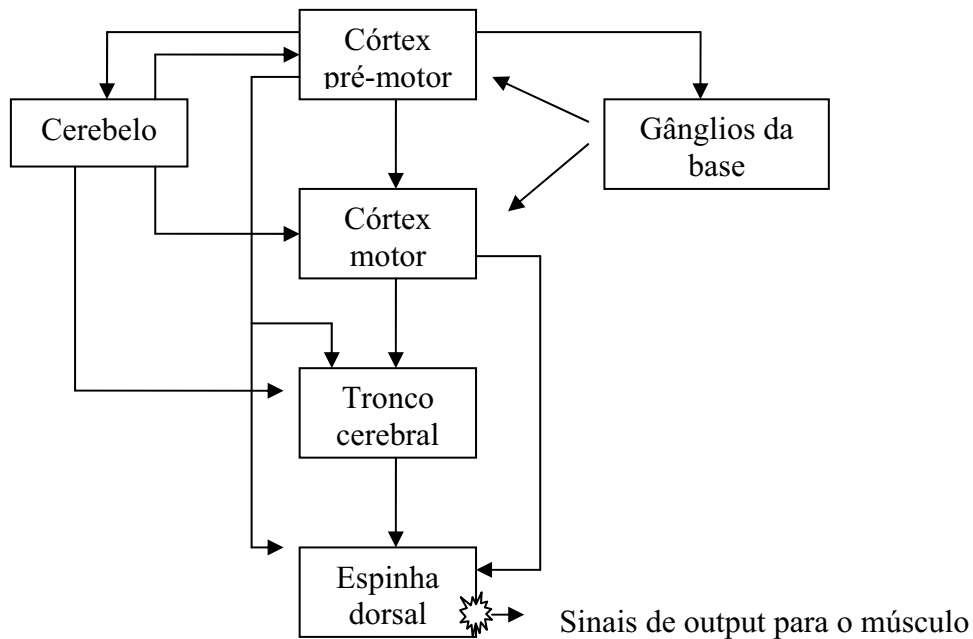
Estudos realizados por Kyllonen (1984) sobre as diferenças no desempenho espacial na tarefa de dobradura de papel, quanto ao tipo e número de erros, revelaram que os sujeitos com desempenho alto não diferiam tanto no tipo de erro cometido, mas sim no número de erros em relação aos sujeitos com baixo desempenho. Em decorrência desses resultados, Kyllonen (1984) concluiu que a diferença principal entre o alto e baixo desempenho espacial pelos sujeitos era, mais provavelmente, por estes esquecerem uma dobradura e então a substituírem por uma dobra incorreta, do que por não executarem um comando (Lohman, 1993).

#### 4. HABILIDADES VISOMOTORAS

Todo comportamento motor envolve movimento e depende de contração de músculos controlados pelos sistemas motores. Esses sistemas são organizados hierarquicamente, desde os circuitos medulares que controlam reflexos automáticos até os centros mais superiores, no tronco cerebral e no córtex motor. Os diferentes componentes do sistema motor desempenham funções distintas, mas inter-relacionadas (Kandel, Schwartz & Jessell, 1997; Lundyekman, 2000).

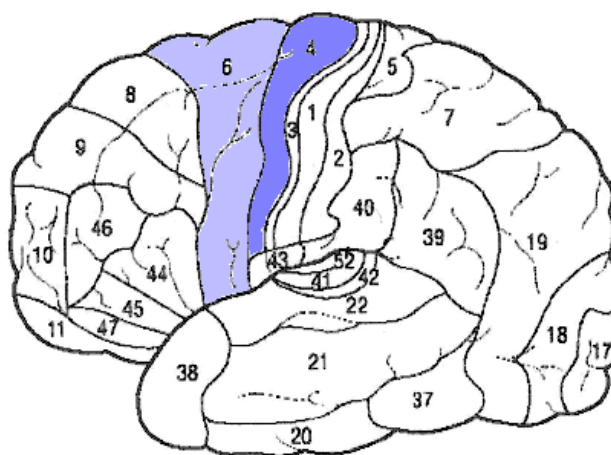
O sistema motor humano baseia-se em estruturas simétricas e assimétricas do sistema nervoso. As estruturas simétricas compreendem o tronco cerebral, o cerebelo, o mesencéfalo e o diencéfalo, que constituem a integração e a organização motora fundamentalmente da tonicidade, equilíbrio e parte da lateralização. As estruturas assimétricas compreendem os dois hemisférios cerebrais que asseguram a organização motora da noção de corpo, da estrutura espaço-temporal e da praxia fina e global (Fonseca, 1995).

A organização anatômica das áreas motoras segue dois princípios. Primeiro, dentro de cada estrutura motora há uma organização somatotópica de representações do corpo. No córtex motor, esta organização encontra-se particularmente clara. O segundo princípio refere-se à relação entre as áreas motoras. Os componentes formam uma hierarquia com níveis de múltiplo de controle. O nível mais baixo da hierarquia é a espinha dorsal, o nível mais alto está nas áreas pré-motoras de associação, conforme representado na Figura 11. O processamento dentro destas regiões é crítico para planejar uma ação baseado em uma informação perceptual presente, experiência passada e metas futuras. O córtex motor e o tronco cerebral, com a ajuda do cerebelo e dos gânglios da base, traduzem esta meta de ação em um movimento (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002).



*Figura 11.* Hierarquia do controle da ação motora voluntária (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002).

O córtex motor é uma região circunscrita do lobo frontal. Engloba a área 4, que fica imediatamente anterior ao sulco central, no giro pré-central, e a área 6, que se situa logo na posição anterior à área 4, conforme representado na Figura 12 (Bear, Connors & Paradiso, 2002).



*Figura 12.* Córtex motor, que engloba as áreas 4 e 6 de Brodmann (Gil, 2002, p. 7).

A Tabela 2 sumaria as funções desempenhadas pelas áreas motoras. O córtex

motor primário é a origem de muitos motoneurônios superiores corticais e controlam os movimentos voluntários contralaterais, particularmente os movimentos finos da mão e da face. As áreas corticais envolvidas no planejamento motor de uma determinada parte do corpo incluem a área motora suplementar, a área pré-motora, a área de Broca e a área correspondente à área de Broca no hemisfério oposto (Lundyekman, 2000).

O córtex motor suplementar encontra-se envolvido na iniciação de um movimento e na orientação dos olhos e da cabeça, além do planejamento dos movimentos bimanuais e seqüenciais (Kandel, Schwartz & Jessell, 1997; Lundyekman, 2000). A área pré-motora controla os músculos do tronco e da escápula, por meio do sistema ativador medial. A área de Broca é responsável pelo planejamento dos movimentos da boca durante a fala e pelos aspectos gramaticais da fala. Uma área análoga à área de Broca, no hemisfério oposto, planeja a comunicação não-verbal, incluindo os gestos emocionais e o ajuste do tom da voz (Lundyekman, 2000). Tanto o córtex motor primário como as áreas de planejamento motor recebem informações dos gânglios da base e do cerebelo, retransmitida pelo tálamo (Lundyekman, 2000).

*Tabela 2.* Esquema das funções desempenhadas pelas áreas motoras (Lundyekman, 2000).

<i>Áreas motoras</i>	<i>Função</i>
Córtex motor primário	Movimentos controlados voluntariamente
Área pré-motora	Controle dos músculos do tronco e da cintura escapular, ajustes posturais antecipatórios
Área motora suplementar	Iniciação dos movimentos, planejamento da orientação, movimentos bimanuais e seqüências
Área de Broca	Programação motora da fala (em geral, apenas no hemisfério esquerdo)
Área análoga à área de Broca no hemisfério oposto	Planejamento da comunicação não-verbal (gestos emocionais, tom de voz; usualmente no hemisfério direito)

Segundo Lofiego (1995), o desenvolvimento motor caracteriza-se por uma maturação que integra o movimento, o ritmo, a construção espacial, o reconhecimento dos objetos, das posições, a imagem do nosso corpo e a fala (atividade verbo-motriz). Assim, o desenvolvimento da função motora depende da maturação de áreas funcionais do cérebro, pois se relaciona com a estrutura da ação voluntária complexa.

De acordo com Luria (1975, 1981, 1986), todo o cérebro estaria implicado no processo de organização da ação voluntária complexa. Apesar das áreas corticais 4 e 6 serem chamadas de córtex motor, o controle do movimento voluntário compromete quase todo o córtex (Kandel, Schwartz & Jessell, 1997). Um movimento direcionado a um objeto depende do conhecimento de onde o corpo está no espaço, para onde pretende ir e a escolha de um plano para chegar lá. Uma vez que o plano tenha sido selecionado ele precisa ser mantido em mente até o momento apropriado. Finalmente, instruções para implementação do plano devem ser emitidas. Até certo ponto, estes diferentes aspectos do controle motor estão localizados em diferentes regiões do córtex cerebral (Kandel, Schwartz & Jessell, 1997; Luria, 1975, 1981, 1986).

O desempenho em atividades de construção ilustra bem como diferentes atividades estão envolvidas no ato motor complexo. A construção combina atividades perceptuais, respostas motoras, bem como a presença de um componente espacial. Neste sentido, tem sido denominada por alguns pesquisadores de atividade visomotora, por integrar informações visuais e atividade motora (Lezak, 1995). O conceito de habilidade de construção abrange duas grandes classes de atividades, o desenho e a construção. Na atividade de desenho, as subdivisões principais são cópia e desenho livre (Lezak, 1995). Na presente pesquisa será abordada especialmente a atividade visomotora de desenho por cópia.

Testes que solicitam atividades visomotoras estão entre os instrumentos de avaliação mais populares usados por psicólogos durante o procedimento de avaliação

(Fonseca, 1995). Provavelmente, o teste visomotor mais popular é o Bender Gestalt, desenvolvido por Lauretta Bender em 1938 (Sisto, Bueno & Rueda, 2003). A premissa do Bender é que o comportamento visomotor é uma habilidade, sendo que a mensuração da maturidade precepto-motora poderia ser obtida pelo uso de padrões com diferentes graus de complexidade e princípios de organização (Sisto, Noronha & Santos, 2005). De acordo com Koppitz (1989) a função gestáltica envolvida no teste de Bender encontra-se associadas com percepção visual, habilidade motora manual conceitos temporais e espaciais.

No desenvolvimento das habilidades relacionadas à praxia fina, mais especificamente ao uso do lápis no Teste de Bender, crianças de dois anos tendem a apresentar movimentos musculares incontrolados e casuais com o lápis. Crianças de três anos usualmente podem executar círculos, laçadas, arcos e linhas. Na idade de quatro anos, as crianças já podem dispor suas laçadas ou círculos numa direção horizontal, da esquerda para a direita, mas ainda não conseguem diferenciar outras relações devidas a tamanho. Crianças de cinco anos conseguem dar uma aparência quadrangular às figuras. Por volta dos seis anos, a percepção visual tende a estar desenvolvida e integrada com a percepção cinestésica-tátil, podendo a criança desenhar um quadrado e orientá-lo obliquamente. Além da idade de sete anos, não há adições marcantes ao repertório das habilidades de desenho infantis, o que ocorre é o refinamento graduais nas técnicas mais importantes (Clawson, 1992).

A habilidade visomotora está relacionada à habilidade imagética. A relação funcional entre o movimento imaginado e real, ou seja, a correspondência entre as propriedades das imagens e das suas representações motoras, fica evidente no levantamento bibliográfico sobre correlações entre imagética e motricidade realizada por Jeannerod (1995, in Guedes & Capovilla, 1997). Esse fato pode estar relacionado ao envolvimento das áreas parietal e frontal em ambas as tarefas. De fato, em estudos



neuropsicológicos, desempenhos no Teste Gestáltico Visomotor de Bender com pontuação pobre, erros de rotação e fragmentação nas figuras relacionam-se a disfunções do lobo parietal (Black & Bernard, 1984; Diller, Bem-Yishay et al., 1974; Billingslea, 1963; in Lezak, 1995).

Há, também, vastas evidências corroborando a hipótese de que transformações de imagens mentais são guiadas, pelo menos em parte, por processos motores, até mesmo no caso de imagens de formas geométricas em lugar de partes do corpo. Assim, por exemplo, a rotação pode ser guiada por processos que também preparam a pessoa para antecipar resultados de uma ação motora específica. Estudos de neuroimagem têm demonstrado que estruturas motoras são ativadas não somente durante a execução do comportamento motor, mas também durante tarefas que não requerem nenhum comportamento motor evidente, como tarefas com imagens e com rotação mental. Os estudos têm sugerido que a ativação do córtex motor primário esquerdo tem um papel importante na rotação mental. Esses estudos têm revelado, ainda, a relação do córtex parietal posterior, em especial a área 7, com tarefas envolvendo percepção de relações espaciais e de movimento (Andersen & Zipser, 1988; Ganis, Keenan, Kosslyn, & Pascual-Leone, 2000; Richter et al., 2000; Sirigu, & Duhamel, 2001; Tomasino, Toraldo, & Rumiati, 2003; Wexler, Kosslyn, & Berthoz, 1998; Windischberger, Lamm, Bauer & Mosera, 2003; Wraga, Thompson, Alpert, & Kosslyn, 2003).

Em estudo realizado por Wexler, Kosslyn e Berthoz (1998), foi testada a hipótese de relação entre motricidade e rotação mental. Para tanto, foi usado um paradigma de uma tarefa dual no qual sujeitos executaram a tarefa de rotação mental de Cooper e Shepard enquanto realizavam uma rotação motora em uma determinada direção e a uma velocidade previamente instruída. O objetivo do estudo foi verificar se alguns dos processos da rotação mental são usados em ações motoras, e se as transformações da imagem visual e a produção e controle de movimentos físicos compartilham os mesmos

mecanismos. Se sim, a execução simultânea da tarefa motora e da tarefa de rotação mental deveriam interferir entre si. Foram coletados três tipos de dados: o tempo de reação na tarefa de rotação, o número de erros nas respostas na tarefa de rotação mental, e as trajetórias motoras.

Como resultado obteve-se que os tempo de reação aumentaram quase linearmente com o ângulo,  $F_{(2,20)} = 14.69$ ;  $p = 0.001$ , e, quando a rotação mental e a rotação motora eram compatíveis, a rotação mental era mais rápida ( $F_{(1,10)} = 7,59$ ;  $p = 0,02$ ). Houve, também, forte efeito de prática, sendo que o tempo de reação diminuiu 15% da sessão 1 para a sessão 2 ( $F_{(1,10)} = 5,36$ ,  $p = 0,04$ ), bem como a taxa de erros ( $p = 0,001$ ). A diferença entre as condições compatíveis e incompatíveis na sessão 1 foi de 23,6% (1,68 e 2,13s), enquanto na sessão 2 foi de só 3,1% (1,60 e 1,65s),  $F_{(1,10)} = 9,96$ ,  $p = 0,01$ . Além disso, o efeito de compatibilidade entre a tarefa de rotação mental e motora foi drasticamente reduzido depois de 200 tentativas.

Os autores puderam concluir que a rotação motora compartilha elementos com a rotação mental, visto que o desempenho em rotação mental foi mais rápido e mais preciso quando a tarefa era compatível com a rotação motora; o ângulo pelo qual os sujeitos giram as imagens mentais e o ângulo pelo qual eles realizavam a tarefa motora são correlacionados em situações compatíveis; a rotação motora pode modificar a forma de U invertido clássico nas curvas de tempo de reação na rotação mental; e uma mudança na velocidade de rotação motora pode reduzir ou acelerar a velocidade da rotação mental. Desta forma, o estudo corroborou a hipótese de que ambas as tarefas, de rotação mental e de rotação motora, estão relacionadas e envolvem processamentos em comum.

## 5. Objetivos

O objetivo geral foi verificar a precisão e buscar evidências de validade do *ImagéticaBaby-Comp* (Capovilla, Lopes, Macedo & Capovilla, 2005), instrumento para a avaliação de rotação mental, em crianças de 1ª a 4ª Série do ensino fundamental.

Os objetivos específicos foram:

- verificar a precisão do teste *ImagéticaBaby-Comp*, por meio do alfa de Cronbach e do coeficiente de coeficiente de Spearman-Brown, para os desempenhos em termos de tempo de reação e acertos;
- verificar evidência de validade do *ImagéticaBaby-Comp* baseada no processo de resposta, analisando o tempo de reação como função da diferença no ângulo de rotação entre as figuras do *ImagéticaBaby-Comp*, controlando a inteligência não-verbal das crianças;
- verificar evidência de validade do *ImagéticaBaby-Comp* baseada nas relações com outras variáveis, analisando se a habilidade de rotação mental aumentou com a progressão dos níveis escolares de 1ª. a 4ª. Série e se ela diferiu como função do gênero, controlando a inteligência não-verbal das crianças;
- verificar evidência de validade do *ImagéticaBaby-Comp* baseada nas relações com outras variáveis, num procedimento de validade concorrente, por correlação entre o escore nesta prova e o escore em testes visomotores e de memória de trabalho visual que já apresentam evidências de validade (Teste Gestáltico Visomotor de Bender e Teste de Memória de Trabalho Visual).

## 6. Método

### 6.1. Participantes

Foram inicialmente avaliadas 405 crianças de 17 classes, sendo quatro classes de primeira série, seis de segunda, três de terceira e quatro classes de quarta série do ensino fundamental de uma escola pública do interior de São Paulo. Os sujeitos apresentaram idade mínima de 6 anos e 5 meses, máxima de 15 anos e 3 meses, com média de 8 anos e 8 meses.

Devido à grande amplitude da faixa etária, foi realizada uma análise para exclusão dos casos extremos de idade em cada série. Para tanto foram calculados, para cada uma das quatro séries, a idade média e o desvio padrão. Foram, então, excluídas as crianças que apresentaram idades maiores que dois desvios-padrão acima da média, e menores que dois desvios-padrão abaixo da média. A Tabela 3 sumaria tais dados de idade média, desvio-padrão e mínimo e máximo permitido (i.e., faixa etária sendo o valor mínimo a menor idade encontrada em cada série e o valor máximo desse intervalo a média da série mais dois desvios-padrão).

*Tabela 3.* Distribuição das idades médias, desvio padrão, mínimo e máximo por série.

	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
1ª série	7 anos e 2 meses	6 meses	6anos e 6 meses	8 anos e 2 meses
2ª série	8 anos e 9 meses	1 ano e 1 mês	7 anos e 6 meses	10 anos e 11 meses
3ª série	9 anos e 3 meses	8 meses	8 anos e 5 meses	10 anos e 7 meses
4ª série	10 anos e 4 meses	10 meses	9 anos e 6 meses	12 anos

Não houve qualquer caso de crianças com idade abaixo de menos dois desvios-padrão em relação à média. Assim, somente foram excluídas crianças com idades acima da faixa etária delimitada. Como resultado do processo empregado, foram excluídos os dados de oito crianças da 1ª série, sete da 2ª série, quatro da 3ª série e três crianças da 4ª série. A amostra final, após as exclusões, foi composta por 383 crianças, sendo 187 (48,8%) do sexo feminino e 196 (51,2%) do sexo masculino, sendo 87 (22,7%) da primeira série, 129 (33,7%) da segunda série, 65 (17%) da terceira série e 102 (26%) da quarta série. A distribuição das crianças por idade e série é apresentada na tabela a seguir.

*Tabela 4.* Distribuição de frequência por idade e série das crianças.

		Idade							Total
		6	7	8	9	10	11	12	
Série	1ª	36	50	1	0	0	0	0	87
	2ª	0	34	54	29	12	0	0	129
	3ª	0	0	32	31	2	0	0	65
	4ª	0	0	0	31	61	10	1	102
Total		36	84	87	91	75	10	1	383

Dessas crianças foram avaliadas 357 no Teste de Memória de Trabalho Visual, 364 no *ImagéticaBaby-Comp*, 376 nas Matrizes Progressivas Coloridas de Raven e 380 no Teste Gestáltico Visomotor de Bender, visto que a coleta de dados ocorreu no final do 1º semestre de 2005 e no início do 2º semestre de 2005, havendo crianças que foram avaliadas inicialmente e não puderam ser avaliadas nos demais instrumentos já que foram transferidas da escola ou abandonaram o ano letivo.

## 6.2. Material

Foram usados nesta pesquisa uma carta de autorização para instituição (apresentada no Anexo 1); um termo de consentimento livre e esclarecido para aos responsáveis pelas crianças (Anexo 2); o Teste *ImagéticaBaby-Comp* para avaliação da rotação mental; o Teste de Memória de Trabalho Visual para avaliação da memória de trabalho visual; o Teste Gestáltico Visomotor de Bender para avaliação de maturação perceptomotora; e as Matrizes Progressivas Coloridas de Raven - escala especial para avaliação do raciocínio não-verbal. Todos esses instrumentos encontram-se descritos a seguir.

### 6.2.1. *ImagéticaBaby-Comp* (Capovilla, Lopes, Macedo & Capovilla, 2005)

Para a avaliação da habilidade de rotação mental foi utilizada a prova computadorizada *ImagéticaBaby-Comp*. Esse instrumento foi adaptado do *Imagética-Comp* (Capovilla, 1997), que apresenta sólidos tridimensionais, um instrumento que possui evidências de validade para sujeitos adultos, mas não para crianças. No *Imagética-Comp* são apresentadas figuras de três sólidos geométricos que podem estar rotacionadas no espaço a partir de 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° e 315°, em três eixos, X (horizontal), Y (vertical) e Z (sagital). Existem, portanto, 72 figuras diferentes, resultantes de 3 (tipos de sólidos) *versus* 8 (diferenças de angulação) *versus* 3 (eixo de rotação). A Figura 13 apresenta duas telas do computador, sendo que, em cada tela, um par de figuras e os sinais de igual e diferente são apresentados. O software exibe os pares de sólidos para julgamento e, para cada par, o sujeito deve clicar com o mouse sobre o sinal igual ou diferente. O software avalia o percentual de acerto e o tempo de julgamento, em ms, como função da diferença de angulação e do eixo.

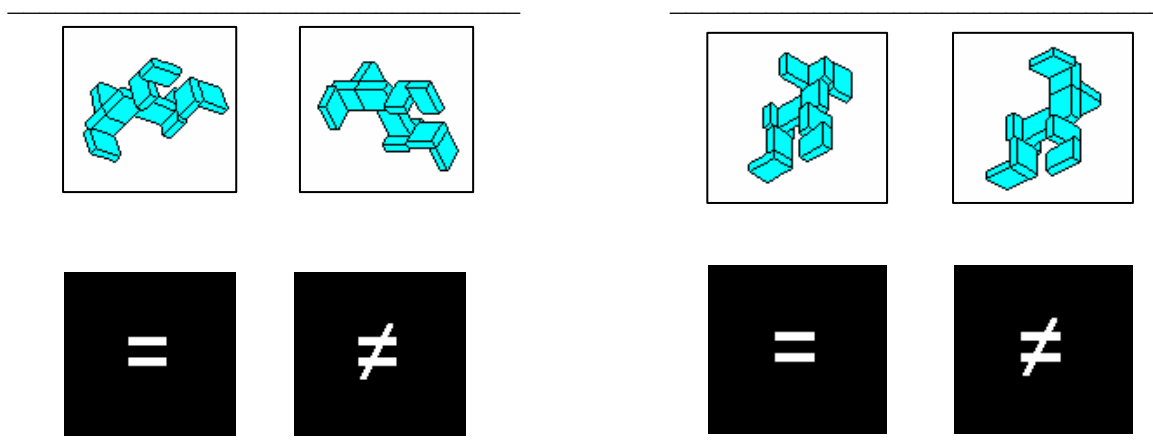


Figura 13. Layout de duas telas do software *Imagética-Comp*.

Em uma série estudos com sujeitos adultos foi demonstrado que, à medida que a diferença de angulação aumentou de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , o tempo de julgamento correto de identidade aumentou e a porcentagem de acerto diminuiu. Também foi encontrada maior velocidade de rotação e maior porcentagem de acerto para julgamentos de rotação no eixo Y do que nos demais eixos. Os achados, segundo os pesquisadores, replicam a bibliografia, validando o teste para a população adulta estudada (Capovilla, 1997).

Num primeiro estudo piloto com o *Imagética-Comp* com nove graduandos do curso de psicologia (três homens e seis mulheres) foi investigado o efeito da diferença de angulação sobre o tempo de julgamento correto de identidade. Os estímulos consistiam de desenhos de sólidos geométricos complexos, apresentados em perspectiva isométrica. O tempo de julgamento correto de identidade aumentou no intervalo entre  $0-135^\circ$  ( $r = 0,97$ ;  $p = 0,026$ ), e decresceu no intervalo  $135-360^\circ$  ( $r = -0,97$ ;  $p = 0,001$ ) (Guedes, Capovilla, Macedo & Duduchi, 1998).

Num segundo estudo com 22 graduandos de psicologia (11 homens e 11 mulheres) foram investigados os efeitos de diferença de angulação e de eixo de rotação, utilizando-se objetos tridimensionais. Os estímulos foram rotacionados em três eixos (X, Y e Z). À semelhança do estudo piloto 1, o tempo de julgamento correto de

identidade aumentou no intervalo entre 0-135°, e decresceu no intervalo 135-360°. A proporção de acerto de identidade decresceu no intervalo 0°-135°, e cresceu no intervalo 135-360°, apresentando em 180° um valor superior a 135° e a 225°. A rotação mental foi mais rápida no eixo Y do que nos eixos X e Z ( $t_{[1,21]} = 8,10$ ;  $p = 0,010$  e  $t_{[1,21]} = 25,37$ ;  $p = 0,000$ , respectivamente). Não houve efeito de gênero (Guedes, Capovilla, Macedo, e Duduchi, 1998).

Num terceiro estudo piloto com 70 graduandos de psicologia (11 homens e 59 mulheres) foram investigados os efeitos de diferença de angulação e de eixo de rotação, utilizando-se estímulos com melhor visibilidade e melhor qualidade gráfica. O tempo de julgamento correto de identidade cresceu no intervalo de 0-180°, e decresceu no intervalo entre 180-360°. A rotação mental foi mais rápida no eixo Y do que nos eixos X e Z ( $t_{[1,32]} = 38,76$ ;  $p = 0,000$  e  $t_{[1,32]} = 6,82$ ;  $p = 0,014$ , respectivamente). O efeito de gênero foi significativo para a proporção de acerto ( $t_{[1,46]} = 17,63$ ;  $p = 0,000$ ), com vantagem masculina (Capovilla, Guedes, e Macedo, 1998).

Na presente pesquisa foi realizada uma adaptação dos estímulos utilizados no *Imagética-Comp*, com base em estudos realizados por Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995) e Estes (1998), que utilizaram como estímulos para testes informatizados de rotação mental duas figuras de bonecos em 2D. Em tais testes, em metade dos desenhos apresentados os bonecos apareciam com o braço direito para cima e, na outra metade, com o braço esquerdo para cima.

Os estímulos escolhidos para o *ImagéticaBaby-Comp* foram duas figuras de bebês, semelhantes às figuras de bonecos de Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995) e Estes (1998). Tais figuras foram feitas no programa CorelDraw 10.0 e exportados para formato BMP16, sem muito detalhes de configuração de rosto e desenhados em preto e branco, sendo o estímulo 1 com o braço direito para cima e o estímulo 2 com o braço esquerdo para cima, conforme mostra a figura 14.



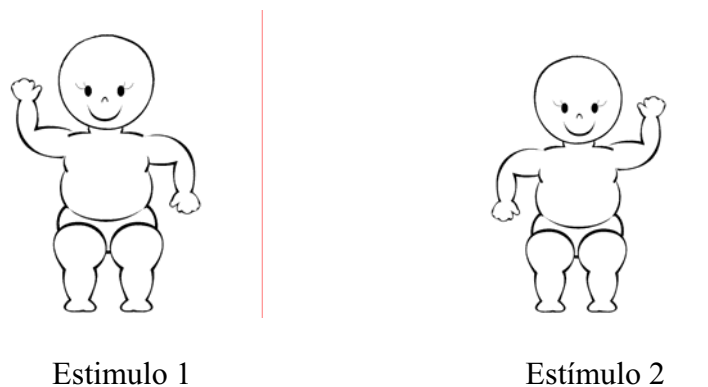


Figura 14. Estímulos utilizados na adaptação do *ImagéticaBaby-Comp*.

As figuras foram consideradas pertencentes ao plano YX que sofreu rotação em torno do eixo Z, de modo que na posição inicial, posição  $0^\circ$ , as figuras encontram-se de cabeça para cima com os pés no eixo X, conforme mostra a Figura 15, e após rotação de  $180^\circ$  elas estão de cabeça para baixo. A posição final foi a correspondente a  $315^\circ$ .

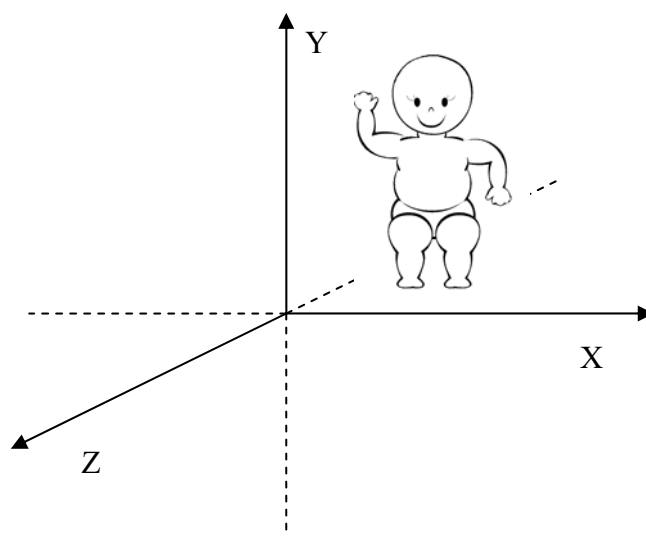


Figura 15. Eixos coordenados de rotação dos estímulos.

Os estímulos foram rotacionados no espaço a partir de  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$  e  $315^\circ$ , no plano YZ (horizontal). Existem, portanto, 16 figuras diferentes, resultantes de 2 (tipos de sólidos) *versus* 8 (diferenças de angulação) *versus* 1 (eixo de rotação). O instrumento é composto por 32 itens de teste e quatro itens de treino, sendo

que em cada item são apresentados um par de figuras e os sinais de igual e diferente. Foi feito um balanceamento de forma que cada ângulo ( $0^\circ$  a  $315^\circ$ ) aparece 4 vezes como a primeira figura do par de comparação e 4 vezes como a segunda figura; cada diferença de angulação ( $0^\circ$  a  $315^\circ$ ) está presente em quatro itens, sendo dois com comparação de identidade e dois com comparação de diferença, tendo no total 16 comparações de identidade e 16 comparações de diferença; foi ainda balanceado o número de vezes em que cada possibilidade de comparação apareceu (figura 1-figura 1; figura 2-figura 2; figura 1-figura 2; figura 2-figura 1), sendo que cada possibilidade apareceu oito vezes.

A ordem de apresentação dos itens, descrita no Anexo 3, foi aleatorizada. O software exibe os pares de sólidos para julgamento e, para cada par, o sujeito deve clicar com o mouse sobre o sinal igual ou diferente. O software avalia o percentual de acerto e o tempo de julgamento, em milésimos de segundo, como função da diferença de angulação e do eixo. A Figura 16 apresenta duas telas do computador, sendo que, em cada tela, um par de figuras e os sinais de igual e diferente são apresentados.

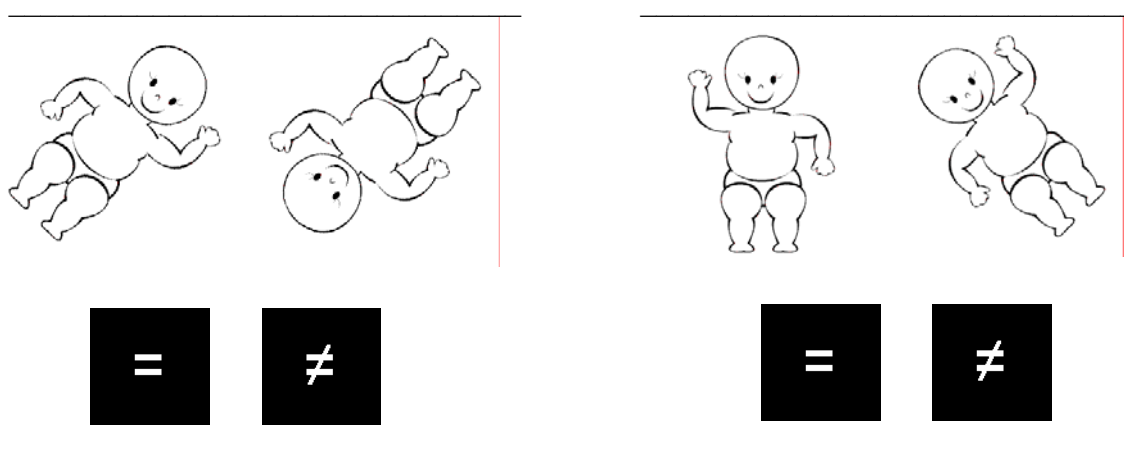


Figura 16. Layout de duas telas do software *ImagéticaBaby-Comp*.

### 6.2.2. Teste de Memória de Trabalho Visual (Primi, 2002)

A memória de trabalho visual foi avaliada por meio do Teste de Memória de Trabalho Visual, de aplicação computadorizada, em que o sujeito vê de uma a quatro matrizes 3 x 3, com um estímulo em cada matriz. Em seguida, ele vê as manipulações espaciais que deve realizar com o estímulo, apresentadas por flechas indicando a direção do movimento. Assim, por exemplo, uma flecha apontando para a esquerda seguida de uma flecha apontando para cima indica que o sujeito deve manipular o estímulo na matriz, colocando-o uma coluna à esquerda e uma linha acima de sua posição inicial. A tarefa do sujeito é selecionar com o mouse a posição final do estímulo, após a realização das manipulações indicadas. A Figura 17 à esquerda ilustra uma tela do Teste de Memória de Armazenamento Visual, com a apresentação de um estímulo numa matriz 3 x 3. A Figura 17 à direita ilustra a instrução da manipulação a ser realizada, ou seja, movimentar o estímulo uma linha abaixo da posição inicial. Neste caso, o sujeito deve selecionar, com o mouse, a célula do canto inferior esquerdo da matriz.

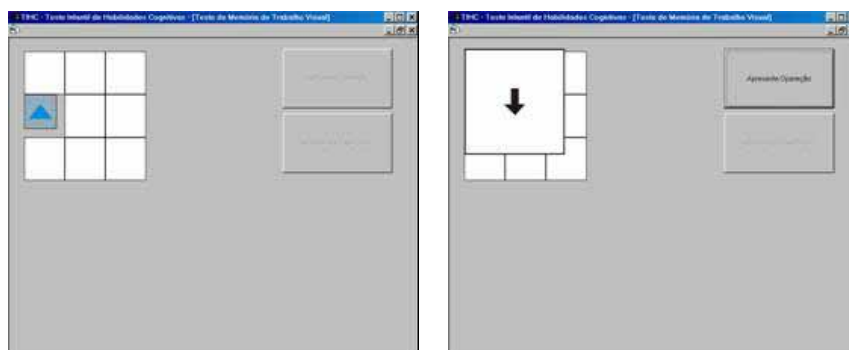


Figura 17. Telas do Teste de Memória de Trabalho Visual.

À esquerda, tela do Teste de Memória de Armazenamento Visual, com a

apresentação de um estímulo numa matriz 3 x 3. À direita, instrução da manipulação a ser realizada, ou seja, movimentar o estímulo uma linha abaixo da posição inicial. Neste caso, o sujeito deve selecionar, com o mouse, a célula do canto inferior esquerdo da matriz.

Há, ao todo, 26 itens com grau de dificuldade crescente, sendo oito itens com apenas uma matriz 3 x 3 (que requerem de 1 a 8 movimentos), sete itens com duas matrizes 3 x 3 (que requerem de 1 a 4 movimentos em cada matriz), seis itens com três matrizes 3 x 3 (que requerem de 1 a 3 movimentos em cada matriz), e cinco itens com quatro matrizes 3 x 3 (que requerem de 1 a 3 movimentos em cada matriz). Não há limite de tempo para a resposta. O software permite a interrupção da aplicação e a continuidade num momento posterior. O software calcula, automaticamente, diferentes tipos de desempenhos no teste, incluindo escore dicotômico, escore do tipo Likert e tempo de execução. O escore dicotômico corresponde à soma dos acertos nos 26 itens, com o máximo possível de 26 pontos, sendo atribuído 1 ponto para cada item se ele for respondido de forma totalmente correta. O escore do tipo Likert corresponde ao número de movimentos respondidos corretamente; assim, um item que requeira quatro movimentos pode ter um escore do tipo Likert de 4 pontos; e o máximo possível em termos de escore Likert total é de 60 pontos. O tempo de execução, por sua vez, corresponde ao período decorrido desde o final da apresentação dos estímulos até o final da resposta. Foi usado no presente estudo o escore tipo Likert. Não há limite de tempo para a resposta. O software permite a interrupção da aplicação e a continuidade num momento posterior.

Evidências de validade do uso do Teste de Memória de Trabalho Visual com crianças foram descritas por Cozza (2005). Naquele estudo participaram 154 crianças, sendo 87 do sexo masculino (56,5%) e 67 do sexo feminino (43,5%), com idade variando de 8 anos e 5 meses a 13 anos e 1 mês, média de 10 anos e 6 meses, sendo os

participantes de cinco salas do ensino fundamental.

Foram obtidas correlações significativas entre escore dicotômico e escore Likert no Teste de Memória de Trabalho Visual e seqüências no Teste de Trilhas. Houve, também, correlações entre número de conexões no Teste de Trilhas e escore dicotômico e o escore Likert no Teste de Memória de Trabalho Visual, bem como com o tempo de execução no Teste de Memória de Trabalho Visual; e correlações significativas entre o escore total no Teste de Trilhas e escore dicotômico e escore Likert no Teste de Memória de Trabalho. O escore na Torre de Londres correlacionou-se significativamente com escore dicotômico, escore Likert e tempo de execução no Teste de Memória de Trabalho Visual.

### **6.2.3. Teste Gestáltico Visomotor de Bender**

Para a avaliação da maturação perceptomotora foi utilizado o Teste Gestáltico Vismotor de Bender. Consiste de nove figuras consideradas as mais representativas da avaliação sensório motriz, a fim de ilustrar como o indivíduo responde gestalticamente a uma série de estímulos relacionados com a percepção visomotora (Koppitz, 1989). As figuras foram administradas uma a uma para serem copiadas pelo sujeito em uma folha em branco, sem auxílio mecânico.

No presente estudo, o Teste de Bender foi corrigido segundo o Sistema de Pontuação Gradual - SPG, desenvolvido por Sisto, Noronha e Santos (2005), o qual atribui uma pontuação gradual a cada item, essa pontuação pode variar de 0 a 3 pontos, conforme a presença de desvios em cada uma das figuras. Assim, cada figura pode ter o escore máximo de 3 pontos, que corresponde ao máximo de distorção da forma apresentado na figura. Sisto, Noronha e Santos (2005), usando o Sistema de Pontuação Gradual, analisaram a estrutura interna do instrumento por meio do funcionamento

diferencial dos itens, análise esta que relevou evidências de validade baseadas na estrutura interna. Foram obtidas ainda evidências de validade baseadas nas mudanças no desenvolvimento, demonstrando-se que, com o aumento progressivo da idade, as distorções em cópia foram progressivamente diminuindo. Houve, também, evidências relacionadas ao critério de escolaridade, tendo sido observado que as crianças da terceira série apresentaram melhor desempenho quando comparadas às da segunda série, conforme esperado, já que apresentaram menor número de erros.

No presente estudo, além da correção feita a partir do Sistema de Pontuação Gradual, foi avaliado também a ocorrência de perseveração de figura a figura. A perseveração é a manutenção de uma mesma resposta diante de estímulos ou tentativas diferentes, é uma característica das síndromes pré-frontais. Em algumas crianças essa perseveração parece ser um desvio perceptual que pode ser descrito como um retardamento do estímulo ou um transporte neurológico de um vestígio da memória e, em razão desta ocorrência, a criança continua a fazer, em um segundo desenho, o mesmo tipo de unidade que fez no desenho precedente, podendo ser um indicio de disfunção do sistema nervoso central (Clawson, 1992). Neste estudo foram consideradas perseverações quando a criança apresentou manutenção do estímulo nas figuras 1, 2, 3 e 5, e não diferenciou entre pontos e laçadas.

#### **6.2.4. Matrizes Progressivas Coloridas de Raven - escala especial**

As Matrizes Progressivas Coloridas de Raven - escala especial, com padronização paulistana, constituem um teste não verbal para avaliação da inteligência, especificamente do fator “g”, proposto por Spearman (Angelini, Alves, Custódio, Duarte e Duarte, 1999). Os itens do teste são apresentados sob a forma de um desenho ou matriz, em que falta uma parte, sendo que a tarefa do sujeito consiste em escolher

dentre as alternativas, colocadas na parte inferior da página, aquela que completa corretamente o desenho. A escala contém 36 itens divididos em três séries: A, Ab e B, e os 12 itens de cada série estão dispostos em ordem de dificuldade crescente. A maioria dos itens são impressos com fundos coloridos e destina-se a crianças a partir de 5 anos a 11 anos e meio. A aplicação pode ser individual ou coletiva e não apresenta limite de tempo, sendo a duração média de 15 a 20 minutos.

A correção dos resultados é feita com auxílio de um crivo ou chave de correção. Os totais parciais de cada série permitem determinar a consistência da pontuação, que indica a validade do resultado. O total de acertos é convertido em percentil e categorias, sendo a maior I que equivale a intelectualmente superior, II superior a média, III média, IV média inferior e o menor V equivalente a intelectualmente deficiente. As tabelas dos percentis são apresentadas no manual para cada meio ano de idade. Na amostra de padronização brasileira foi obtido um coeficiente de Spearman-Brown de 0,90 para a amostra total. Os coeficientes para os subgrupos divididos em função de idade e sexo variaram entre 0,52 e 0,93, sendo que a partir de 7 anos e meio foram superiores a 0,85, indicando que o teste é mais preciso a partir dessa idade. Estudos fatoriais indicaram que o teste tem uma forte carga de fator "g" e alguma carga do fator viso-espacial, "k".

No estudo realizado para a padronização brasileira das Matrizes Progressivas Coloridas de Raven, foram encontradas evidências de validade baseadas na diferenciação de idade, com aumento progressivo das médias com a idade. Em termos de consistência interna, as correlações item-total foram significativas. Na análise de itens, as curvas características dos itens de modo geral, mostraram-se semelhantes às de Raven, embora os primeiros itens de cada série sejam mais difíceis para a população em que a pesquisa foi conduzida (Angelini et al., 1999).

### 6.3. Procedimento

O contato com a escola foi realizado para solicitação da autorização do diretor, o projeto foi então encaminhado para aprovação do estudo pelo Comitê de Ética da Universidade São Francisco (Anexo 4), foi então enviando os Termos de Consentimento aos responsáveis pelas crianças para a participação na pesquisa. As crianças cujos responsáveis consentiram a participação na pesquisa foram então contatadas e, com o consentimento das próprias crianças, foram conduzidas as sessões de avaliação. Todas as sessões ocorreram na própria instituição durante o período escolar regular. A liberação do aluno foi sempre feita pelo professor, de forma a não prejudicar suas atividades e seu desempenho escolar.

Os instrumentos foram aplicados em duas sessões individuais (Teste de Memória de Trabalho Visual e *ImagéticaBaby-Comp*) e uma sessão coletiva (Matrizes Progressivas Coloridas de Raven - escala especial e Teste Gestáltico Visomotor de Bender), com cerca de 15 a 20 minutos de duração, em dias diferentes. Em cada sessão individual foi aplicado apenas um teste e a ordem de aplicação dos testes foi contrabalançada entre as crianças de cada classe no intuito de neutralizar os efeitos da aprendizagem, com a aplicação dos dois instrumentos em duas ordens diferentes. A sessão coletiva foi sempre feita após as sessões individuais.



## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações coletadas nos instrumentos foram analisadas, sendo computados os desempenhos obtidos em cada instrumento. Foram então conduzidas as seguintes análises:

1) para verificar a precisão do teste *ImagéticaBaby-Comp*, foram calculados o alfa de Cronbach e o coeficiente de coeficiente de Spearman-Brown para os desempenhos em termos de tempo de reação e acertos;

2) para buscar evidências de validade do teste *ImagéticaBaby-Comp*, foram conduzidas duas análises inferenciais:

- a) Análises de Covariância mista, usando como fator intra-sujeitos a diferença de angulação entre as figuras no *ImagéticaBaby-Comp*; como fatores entre-sujeitos a série escolar e o sexo das crianças; como covariante o percentil no Raven; e como variáveis dependentes o tempo de reação e o número de acertos no *ImagéticaBaby-Comp*;
- b) Análises de correlação entre os desempenhos nos três instrumentos.

Tais análises encontram-se descritas a seguir.

### 7.1. Análise descritiva e de precisão no *ImagéticaBaby-Comp*

A análise descritiva para o tempo de reação total, em milésimos de segundos, no *ImagéticaBaby-Comp* revelou tempo de reação mínimo de 72052 ms, máximo de 554835 ms, desvio padrão de 90092 ms e média de 222101 ms.

Conforme a Tabela 5 pode-se observar que os cinco itens com maior tempo de reação foram os de número 10, 14, 20, 23 e 31, com tempos superiores a 8000 ms. Esses itens são os de maior grau de dificuldade, respectivamente 31, 28, 31, 30 e 29. Contudo,

não foi possível traçar um padrão quanto à diferença de angulação para esses itens, sendo o item 10 um par de comparação da figura 2 em angulação  $270^\circ$  com a figura 1 em angulação  $45^\circ$  com, diferença de angulação de  $135^\circ$ ; o item 14 um par de comparação da figura 2 em angulação  $315^\circ$  com a figura 1 em angulação  $270^\circ$ , com diferença de angulação de  $315^\circ$ ; o item 20 um par de comparação da figura 2 em angulação  $45^\circ$  com a figura 1 em angulação  $225^\circ$ , com diferença de angulação de  $180^\circ$ ; o item 23 um par de comparação da figura 1 em angulação  $270^\circ$  com a figura 2 em angulação  $0^\circ$ , com diferença de angulação de  $90^\circ$ ; e o item 31 um par de comparação da figura 2 em angulação  $135^\circ$  com a figura 1 em angulação  $135^\circ$ , com diferença de angulação de  $0^\circ$ .

Na análise de precisão no *ImagéticaBaby-Comp* para o tempo de reação, tanto o alfa de Cronbach quanto o coeficiente de Spearman-Brown obtidos tiveram o valor de 0,94. A correlação item-total no instrumento apresentou valores de 0,38 a 0,67, mostrando boa fidedignidade e homogeneidade deste instrumento. O critério usado para indicar problemas de adequação foi o de correlações inferiores a 0,30 (Guilford & Fruchter, 1978, apud Sisto, Santos, & Noronha, 2004).

A Tabela 5 sumaria, para cada um dos 32 itens do teste, média do tempo de reação em milésimos de segundo, desvio padrão, correlação item-total e alfa no teste se o item fosse excluído. Pode-se observar que a exclusão de itens não aumenta o valor do alfa de Cronbach.

Tabela 5. Descrição para cada um dos 32 itens do *ImagéticaBaby-Comp*, da média do tempo de reação (em milésimos de segundos), desvio padrão, correlação item-total e alfa no teste se o item fosse excluído.

Item	Média	Desvio padrão	Correlação item-total	Alfa se item fosse excluído	Ordem por grau de dificuldade crescente
1	7413,65	7218,64	0,38	0,94	21
2	5623,30	3341,79	0,56	0,94	5
3	5821,90	4080,31	0,52	0,94	7
4	6004,76	3750,38	0,49	0,94	10
5	5719,04	3519,30	0,56	0,94	4
6	5982,16	3996,18	0,61	0,94	8
7	5544,97	3568,64	0,57	0,94	2
8	5593,06	3347,02	0,56	0,94	3
9	7710,47	4898,97	0,53	0,94	24
10	9923,12	7163,38	0,61	0,94	32
11	6173,41	3828,76	0,67	0,94	12
12	5163,55	3234,05	0,57	0,94	1
13	6973,37	4467,11	0,61	0,94	17
14	8065,04	5280,31	0,52	0,94	28
15	7106,71	4946,22	0,57	0,94	19
16	6375,06	3907,48	0,64	0,94	14
17	7545,44	5118,88	0,55	0,94	22
18	7064,95	4234,54	0,64	0,94	18
19	7779,52	4927,83	0,56	0,94	25
20	8703,04	7000,99	0,54	0,94	31
21	6821,65	4504,51	0,65	0,94	16
22	5947,17	3746,53	0,55	0,94	9
23	8872,46	5893,63	0,58	0,94	30
24	7661,38	5279,73	0,59	0,94	23
25	6234,35	3783,62	0,55	0,94	13
26	7948,41	5114,40	0,62	0,94	27
27	7232,28	5044,17	0,61	0,94	20
28	7908,73	5649,92	0,57	0,94	26
29	5762,60	3520,41	0,59	0,94	6
30	6525,23	4287,10	0,63	0,94	15
31	8871,79	5530,02	0,64	0,94	29
32	6028,30	3845,77	0,61	0,94	11

A análise descritiva para o número de acertos no *ImagéticaBaby-Comp* revelou o mínimo de 0 acertos, máximo de 32, desvio padrão de 7,1 e média de 21,6 acertos.

A Tabela 6 sumaria, para cada um dos 32 itens, média de acerto, desvio padrão, correlação item-total e alfa no teste se o item fosse excluído. Pode-se observar, também

em relação aos acertos, que a exclusão de itens não aumenta o coeficiente do Alfa de Cronbach.

Como pode ser observado na Tabela 6, a grande maioria dos itens apresentou frequência de acertos acima de 60%. Os itens 2, 9, 23 e 24 tiveram frequência de acerto inferiores, respectivamente, 56%, 49%, 53% e 56%, sendo na classificação por grau de dificuldade os itens 29, 32, 31 e 30 respectivamente. Contudo, não foi possível traçar um padrão para esses itens quanto à diferença de angulação, sendo o item 2 um par de comparação da figura 2 em angulação de 90° com a figura 1 com angulação de 0°, com diferença de angulação de 270°, o item 9 um par de comparação da figura 1 em angulação de 90° com a figura 2 com angulação de 45°, com diferença de angulação de 315°; o item 23 um par de comparação da figura 1 em angulação de 270° com a figura 2 com angulação de 0°, com diferença de angulação de 90°; e o item 24 um par de comparação da figura 2 em angulação de 180° com a figura 2 com angulação de 0°, com diferença de angulação de 180°. Desses itens apenas o item 24 representava uma igualdade.

Comparando os itens que tiveram menor frequência de acertos com os itens que tiveram maior tempo de reação, encontra-se correspondência apenas no item 23.

Na análise de precisão dos acertos, o alfa de Cronbach foi de 0,88 e o coeficiente de Spearman-Brown foi de 0,90. A correlação item-total no instrumento apresentou valores de 0,23 a 0,57, tendo os itens 1, 14, 21 e 24 valores menores que 0,30. Contudo, mesmo que ocorresse a exclusão desses itens, o coeficiente alfa de Cronbach não seria alterado. Desta forma, pode-se dizer que o instrumento apresenta boa fidedignidade e homogeneidade.

Observando os coeficientes do alfa de Cronbach e de Spearman-Brown, tanto para o tempo de reação quanto para os acertos, percebe-se que os coeficientes de precisão do *ImagéticaBaby-Comp* foram muito bons.

Tabela 6. Descrição para cada um dos 32 itens do *ImagéticaBaby-Comp*, da média de acerto, desvio padrão, correlação item-total e alfa no teste se o item fosse excluído.

Item	Média	Desvio padrão	Correlação item-total	Alfa se item fosse excluído	Ordem por grau de dificuldade crescente
1	0,93	0,25	0,23	0,88	1
2	0,56	0,49	0,44	0,87	29
3	0,78	0,41	0,45	0,87	4
4	0,61	0,49	0,35	0,88	22
5	0,71	0,46	0,35	0,87	13
6	0,74	0,44	0,45	0,87	11
7	0,75	0,43	0,47	0,87	8
8	0,64	0,48	0,50	0,87	18
9	0,49	0,50	0,45	0,87	32
10	0,59	0,49	0,30	0,88	25
11	0,77	0,41	0,38	0,87	5
12	0,75	0,43	0,57	0,87	9
13	0,61	0,49	0,44	0,87	23
14	0,58	0,49	0,24	0,88	27
15	0,69	0,46	0,44	0,87	16
16	0,62	0,49	0,53	0,87	20
17	0,62	0,49	0,39	0,87	21
18	0,69	0,47	0,45	0,87	15
19	0,59	0,49	0,30	0,88	26
20	0,57	0,49	0,42	0,87	28
21	0,71	0,45	0,49	0,87	14
22	0,61	0,48	0,48	0,87	24
23	0,53	0,50	0,41	0,87	31
24	0,56	0,49	0,27	0,88	30
25	0,72	0,44	0,49	0,87	12
26	0,89	0,31	0,31	0,88	2
27	0,65	0,47	0,34	0,88	17
28	0,75	0,43	0,24	0,88	10
29	0,76	0,42	0,51	0,87	7
30	0,81	0,38	0,34	0,88	3
31	0,66	0,47	0,42	0,87	19
32	0,77	0,42	0,48	0,87	6

## 7.2. Análise de evidências de validade no *ImagéticaBaby-Comp*

Foram conduzidas inicialmente três análises. A primeira considerou todos os itens, independentemente de ser um par com figuras iguais ou diferentes (i.e., de haver

ou não igualdade) e também independentemente dos acertos e erros dos sujeitos. A segunda análise considerou apenas os itens com pares de comparação em que as duas figuras correspondiam a um julgamento de igualdade. A terceira análise considerou somente os itens em que a resposta dos sujeitos foi correta.

As três análises revelaram resultados bastante semelhantes e, desta forma, optou-se por descrever apenas a primeira análise.

### **7.2.1. Evidências de validade do *ImagéticaBaby-Comp* em termos de tempo de reação**

De modo a buscar evidências de validade do desempenho em termos de tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp*, foi conduzida uma Análise de Covariância mista. Foram usados como fator intra-sujeitos a diferença de angulação entre as figuras do teste; como fatores entre-sujeitos a série escolar e o sexo das crianças; como covariante o percentil no Raven; e como variável dependente o tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp*. O uso de uma medida de inteligência não-verbal como covariante foi feito para evitar que possíveis diferenças no desempenho das crianças fossem devidas a variações dessa inteligência, e não às variáveis de interesse (i.e., série, sexo e diferença de angulação). A Tabela 7 sumaria as estatísticas descritivas brutas obtidas e a Tabela 8, as estatísticas descritivas corrigidas pela Ancova.

Tabela 7. Médias e, entre parênteses, desvios padrão do tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* para cada diferença de angulação, série escolar e sexo.

<b>Dif. de angulação</b>	<b>Sexo</b>	<b>1ª série</b>	<b>2ª série</b>	<b>3ª série</b>	<b>4ª série</b>
0°	f	6799,1 (3032,5)	7485,5 (4206,5)	5897,6 (2447,2)	5256,5 (1981,4)
	m	6680,9 (3295,7)	6288,0 (2664,8)	5313,5 (2157,8)	4941,3 (1832,7)
	total	6730,0 (3169,1)	6743,3 (3369,8)	5648,6 (2327,7)	5140,4 (1924,2)
45°	f	6806,8 (2725,08)	6206,2 (2854,6)	5566,9 (2630,1)	4813,1 (2114,8)
	m	6468,6 (3141,6)	6064,3 (2609,4)	4569,9 (1164,2)	4336,1 (1753,7)
	total	6609,2 (2961,6)	6118,3 (2694,3)	5142,0 (2175,3)	4637,4 (1993,2)
90°	f	8244,0 (3924,0)	8464,1 (4467,3)	7592,5 (3403,1)	6172,0 (2825,6)
	m	7660,9 (3710,2)	7531,8 (3511,8)	6287,8 (2556,6)	5372,3 (1707,2)
	total	7903,3 (3786,09)	7886,2 (3910,9)	7036,4 (3115,9)	5877,4 (2493,2)
135°	f	7992,4 (3686,0)	7870,9 (3462,0)	7039,2 (2953,8)	6502,1 (3471,0)
	m	7817,9 (4054,0)	7273,9 (2859,4)	6549,1 (2356,6)	5258,0 (1947,5)
	total	7890,4 (3881,3)	7500,9 (3101,8)	6830,3 (2705,2)	6043,8 (3049,2)
180°	f	8236,5 (4291,0)	8693,6 (4657,7)	8749,0 (4715,5)	7263,4 (4147,9)
	m	7035,3 (3762,4)	7981,3 (3477,4)	7518,9 (3983,7)	6436,8 (3297,5)
	total	7534,5 (4007,6)	8252,1 (3964,0)	8224,7 (4425,9)	6958,8 (3859,1)
225°	f	7981,7 (3648,8)	8132,2 (3557,07)	7271,2 (4130,0)	6730,0 (3124,0)
	m	7033,6 (3519,0)	8001,2 (3770,3)	6255,2 (3009,6)	6153,2 (2811,2)
	total	7427,6 (3580,7)	8051,0 (3676,2)	6838,1 (3700,8)	6517,5 (3010,4)
270°	f	8434,2 (3468,3)	8209,2 (3792,8)	7756,5 (3683,2)	6465,2 (3255,9)
	m	7622,7 (4333,5)	7777,7 (3607,5)	6241,1 (2625,9)	5556,7 (1838,5)
	total	7960,0 (3992,6)	7941,7 (3669,3)	7110,6 (3336,4)	6130,5 (2840,9)
315°	f	8328,3 (4268,8)	8101,1 (3647,3)	6821,0 (2855,6)	5797,7 (2499,0)
	m	7198,9 (3248,8)	7038,3 (3006,3)	5595,3 (2215,7)	4813,9 (1356,5)
	total	7668,3 (3722,5)	7442,3 (3291,0)	6298,6 (2653,3)	5435,3 (2193,8)

Tabela 8. Estatísticas descritivas do tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* como função da série escolar e sexo, corrigida após Ancova usando o percentil no Raven como covariante.

Série	Sexo	Diferença de angulação	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)	
					Limite inferior	Limite superior
1 <sup>a</sup>	f	0°	6666,84	494,46	5694,30	7639,38
		45°	6710,24	441,35	5842,15	7578,33
		90°	8109,34	600,17	6928,88	9289,80
		135°	7950,77	569,80	6830,05	9071,49
		180°	8289,78	714,36	6884,71	9694,84
		225°	7937,93	620,78	6716,93	9158,94
		270°	8275,70	610,26	7075,39	9476,01
		315°	8179,84	526,50	7144,28	9215,40
	m	0°	6659,43	415,42	5842,36	7476,51
		45°	6452,89	370,80	5723,57	7182,22
		90°	7639,02	504,23	6647,26	8630,77
		135°	7811,13	478,71	6869,56	8752,70
		180°	7044,00	600,17	5863,54	8224,46
		225°	7026,47	521,55	6000,65	8052,30
270°		7596,93	512,71	6588,49	8605,36	
315°		7174,78	442,33	6304,76	8044,80	
2 <sup>a</sup>	f	0°	7459,33	410,91	6651,13	8267,54
		45°	6187,20	366,77	5465,79	6908,60
		90°	8437,52	498,75	7456,53	9418,51
		135°	7862,71	473,51	6931,36	8794,05
		180°	8704,15	593,65	7536,51	9871,79
		225°	8123,60	515,89	7108,91	9138,29
		270°	8177,85	507,14	7180,37	9175,34
		315°	8071,75	437,53	7211,18	8932,32
	m	0°	6283,55	321,74	5650,73	6916,37
		45°	6061,06	287,18	5496,21	6625,92
		90°	7527,19	390,52	6759,09	8295,30
		135°	7272,53	370,76	6543,29	8001,77
		180°	7983,14	464,83	7068,88	8897,40
		225°	7999,73	403,93	7205,24	8794,22
270°		7772,31	397,09	6991,28	8553,33	
315°		7033,26	342,58	6359,44	7707,09	



Tabela 8 (continuação). Estatísticas descritivas do tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* como função da série escolar e sexo, corrigida após Ancova usando o percentil do Raven como covariante.

Série	Sexo	Diferença de angulação	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)	
3 <sup>a</sup>	f	0°	5864,27	471,10	4937,68	6790,86
		45°	5542,61	420,50	4715,53	6369,69
		90°	7558,54	571,81	6433,85	8683,23
		135°	7028,71	542,88	5960,94	8096,48
		180°	8762,41	680,61	7423,73	10101,09
		225°	7260,20	591,45	6096,88	8423,51
		270°	7716,60	581,43	6573,00	8860,20
		315°	6783,60	501,62	5796,97	7770,23
	m	0°	5417,55	547,50	4340,68	6494,41
		45°	4645,88	488,70	3684,67	5607,10
		90°	6393,73	664,55	5086,63	7700,82
		135°	6581,82	630,92	5340,87	7822,76
		180°	7477,00	791,00	5921,20	9032,79
		225°	6289,59	687,38	4937,60	7641,58
		270°	6365,68	675,73	5036,61	7694,75
		315°	5712,03	582,98	4565,38	6858,68
4 <sup>a</sup>	f	0°	5321,74	360,34	4612,99	6030,50
		45°	4860,81	321,64	4228,17	5493,44
		90°	6238,47	437,38	5378,19	7098,76
		135°	6522,71	415,25	5705,96	7339,45
		180°	7237,09	520,60	6213,13	8261,06
		225°	6751,59	452,41	5861,76	7641,42
		270°	6543,39	444,74	5668,65	7418,14
		315°	5870,99	383,69	5116,31	6625,67
	m	0°	4978,06	471,12	4051,41	5904,70
		45°	4362,93	420,53	3535,80	5190,05
		90°	5409,72	571,85	4284,97	6534,48
		135°	5269,60	542,91	4201,77	6337,44
		180°	6421,95	680,65	5083,19	7760,71
		225°	6165,40	591,49	5002,02	7328,79
		270°	5600,73	581,46	4457,07	6744,40
		315°	4855,19	501,65	3868,50	5841,88

A Tabela 9 sumaria as estatísticas inferenciais obtidas para os fatores inter-sujeitos, a saber, o covariante percentil no Raven e os fatores série e sexo. Pode-se observar que houve efeito principal significativo do covariante percentil no Raven,  $F_{(1, 345)} = 4,59$ ,  $p = 0,033$ , e dos fatores série,  $F_{(3, 345)} = 9,14$ ,  $p < 0,000$ , e sexo,  $F_{(1, 345)} = 6,29$ ,  $p < 0,013$ . Não houve interação significativa entre os fatores série e sexo.

*Tabela 9.* Estatísticas inferenciais para fatores inter-sujeitos sobre o tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp*.

<b>Fatores</b>	<b>GI</b>	<b>F</b>	<b><i>p</i></b>
Raven - percentil	1	4,591	0,033
Série	3	9,141	0,000
Sexo	1	6,290	0,013
Série * Sexo	3	0,069	0,977
Erro	345		

A Figura 18 representa a média do tempo de reação total no *ImagéticaBaby-Comp* em relação a série. Análise de comparação de pares de Bonferroni revelou que o tempo de reação da 4ª série foi significativamente inferior aos tempos de reação da 1ª e da 2ª série. Na presente pesquisa as análises foram feitas considerando a série e não idade, contudo observa-se um aumento progressivos das idades juntamente com o aumento das séries escolares, conforme mostra a Tabela 4, permanecendo, desta forma, uma hierarquia de idades.

Desta forma, tais resultados fornecem evidências de validade do teste, ao revelar que o tempo de reação tendeu a diminuir com o aumento da série escolar, assim como descrito pelos estudos de Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995) e Ester (1998), no qual as crianças mais velhas apresentaram uma maior rapidez para executar a tarefa.

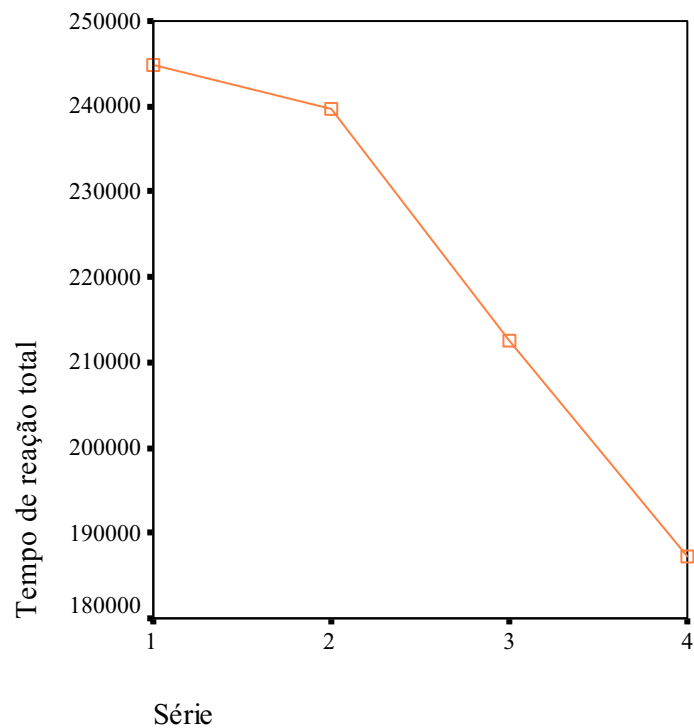
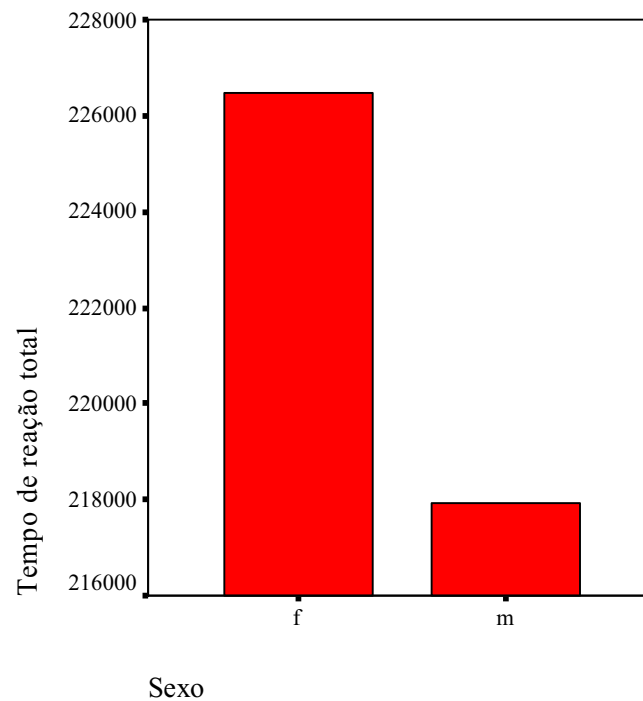


Figura 18. Tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* em função da série escolar.

A Figura 19 representa a média do tempo de reação total do *ImagéticaBaby-Comp* em relação ao sexo. Pode-se observar que os meninos apresentaram menor tempo de reação do que as meninas. O efeito de sexo sobre o tempo de reação encontrado tem sido relatado pela literatura, tal como nos estudos sobre diferenças de gênero realizados por Anders e Hampson (2004), Covre, Piza, Lokasova e Macedo (2002), Delgado e Prieto (1997), Desrocher, Smith e Taylor (1995), Driscolla, Hamiltona, Yeob, Brooksc e Sutherland (2005), Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995), Guedes e Capovilla (1997), Hooven, Chabris, Ellison e Kosslyn (2004), Peters (2004), Quaiser-Pohl e Lehmann (2002), Rilea, Roskos-Ewoldsen e Boles (2004), Roberts e Bell (2003), Seuinck, Vingerhoets, Lange e Achteh (2004), e Weiss et al. (2003).



*Figura 19.* Tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* em função do sexo dos participantes.

Apesar de não ter havido interação significativa entre os fatores série e sexo, a Figura 20 sumaria esses dados, com o objetivo de explorar os resultados. Observa-se que a discrepância entre meninos e meninas foi quase inexistente na primeira série, aumentando nas séries seguintes. Observa-se, ainda, que o padrão dos meninos foi mais consistente com o esperado, visto que houve uma diminuição progressiva do tempo com o aumento das séries, enquanto que, para as meninas, houve um pequeno aumento no tempo da 1<sup>a</sup> para a 2<sup>a</sup> série.

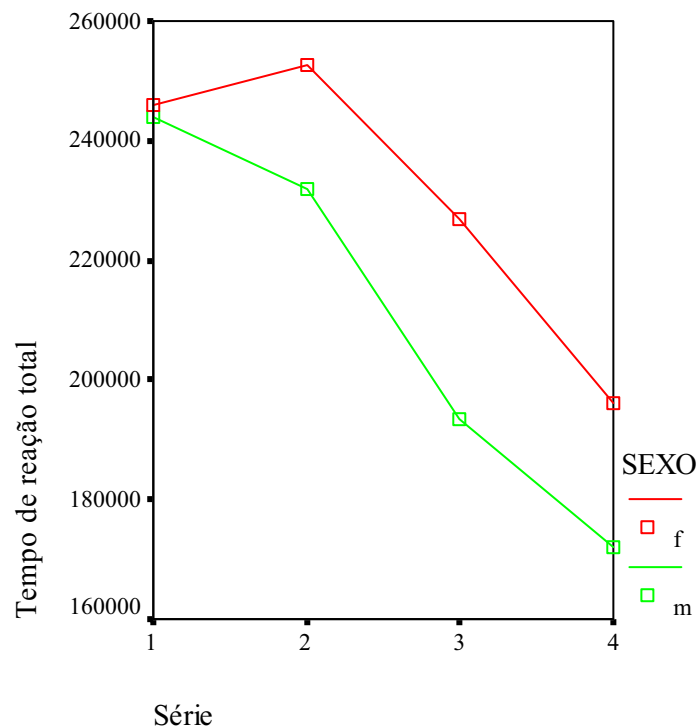


Figura 20. Tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* em função da interação entre os fatores série e sexo.

A Tabela 10 sumaria as estatísticas inferenciais obtidas para o fator intra-sujeitos (diferença de angulação entre as figuras) em termos de efeito principal e de interações. Visto que houve heterogeneidade de covariância para o fator intra-sujeitos, com  $p < 0,000$ , foi considerada uma análise mais conservadora, a saber, a análise de Greenhouse-Geisser (Kinnear & Gray, 2000). Pode-se observar que houve efeito principal significativo de diferença de angulação,  $F_{(5,51, 1901,214)} = 6,05$ ,  $p < 0,000$ . Houve, também, interação significativa entre diferença de angulação e o covariante percentil no Raven,  $F_{(5,511, 1901.214)} = 5,2$ ,  $p < 0,000$ , e entre os fatores diferença de angulação e série,  $F_{(16,532, 1901.214)} = 1,65$ ,  $p < 0,048$ .

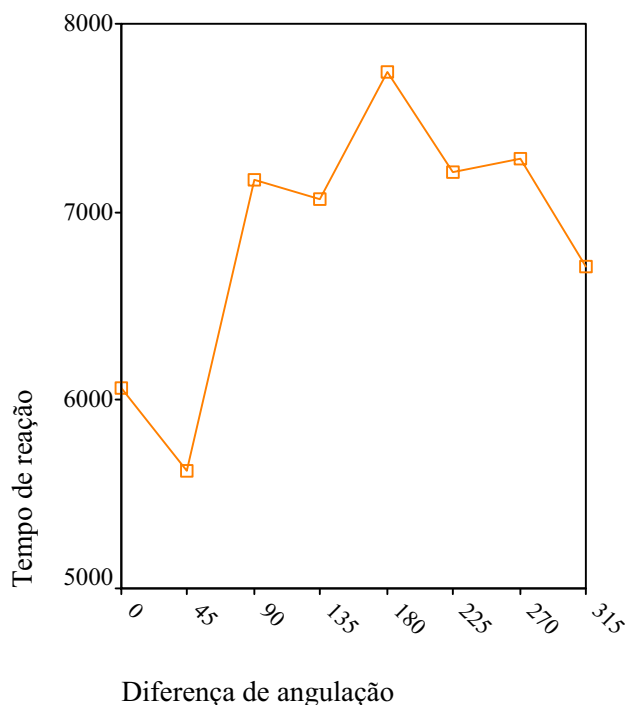
Tabela 10. Estatísticas inferenciais para o fator intra-sujeitos sobre o tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp*.

<b>Fator</b>	<b>GI</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Diferença de angulação	5,511	6,052	0,000
Diferença de angulação * Raven	5,511	5,201	0,000
Diferença de angulação * Série	16,532	1,648	0,048
Diferença de angulação * Sexo	5,511	0,970	0,440
Diferença de angulação * Série * Sexo	16,532	0,633	0,864
Erro (Diferença de angulação)	1901,214		

A Figura 21 sumaria o efeito principal de diferença de angulação sobre o tempo de reação. Pode ser observado a tendência da curva em U invertido, como esperado teoricamente (Harris, Egan, Sonkkila, Tochon-Danguy, Paxinos & Watson, 2000; Johnstona, Leeka, Athertonb, Thackerc, & Jackson, 2004; Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar & McMains, 2001; O'Boyle & Hathaway, 1998, Petit, Pegna, Mayer, & Hauert, 2003; Richter et al., 2000). Conforme anteriormente descrito, essa curva é consequência do tempo exigido para realizar a rotação mental das figuras, de modo a determinar a sua igualdade ou não. Ou seja, o processamento de rotacionar mentalmente a figura despense um tempo e, conseqüentemente, quanto maior a rotação exigida, tanto maior o tempo despendido. Este tempo tende a aumentar até a diferença de angulação de 180° e, a partir daí, tende a diminuir, visto que a rotação passa a ser feita no sentido anti-horário.

A obtenção da curva em U invertido no presente estudo fornece evidência de validade baseada no processo de resposta do *ImagéticaBaby-Comp*, ao usar o tempo de reação como medida de desempenho. Ou seja, tais resultados sugerem que o teste está de fato avaliando a habilidade de rotação mental, já que o padrão de desempenho

encontrado foi conforme o esperado.



*Figura 21.* Tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* em função da diferença de angulação entre as figuras.

A Figura 22 sumaria a interação entre diferença de angulação e série sobre o tempo de reação. Como observado na Figura 21, percebe-se a tendência geral de curva em U invertido nos gráficos acima. Porém, essa tendência é percebida mais claramente somente a partir da 3ª série, não havendo uma tendência definida na 2ª e, principalmente, na 1ª série. Esse fato permite levantar a hipótese de que as crianças dessas séries escolares ainda não estão usando a rotação mental para a solução dos problemas apresentados pelo *ImagéticaBaby-Comp*.

Tal resultado aparentemente é contraditório ao apresentado por Ester (1998), segundo o qual mesmo crianças pré-escolares já têm um mecanismo sofisticado para entender a imagem mental. Retomando as características do estudo realizado por Ester (1998), a diferença de angulação entre as figuras apresentadas eram de 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150° e 180°. Havia 28 pares de que correspondiam a desenhos de macacos. Todos

os pares eram apresentados a cada sujeito de forma randômica e, após 2 minutos, os mesmo 28 pares eram reapresentados, havendo, portanto, um total de 56 pares de comparação para o julgamento de igualdade. Durante a execução da tarefa era fornecido *feedback* quando a resposta estava correta.

A diferença de resultados na presente pesquisa e na pesquisa realizada por Ester (1998) inicialmente poderia ser atribuída ao efeito de aprendizagem, já que no estudo de Ester (1998) ocorreu a repetição da tarefa, bem como o *feedback*. Porém, conforme mostra a Tabela 5, não houve uma diminuição crescente dos tempos de reação durante a execução da tarefa.

Com base nesse dado pode-se levantar a hipótese de que, no presente estudo, a tarefa tenha sido mais complexa que a apresentada por Ester, visto que naquele estudo cada par de figuras era apresentado duas vezes e as crianças recebiam *feedback* sobre seu desempenho. Assim, é possível que a presente tarefa tenha sido mais complexa e, portanto, a habilidade necessária para solucioná-la somente seja desenvolvida posteriormente.



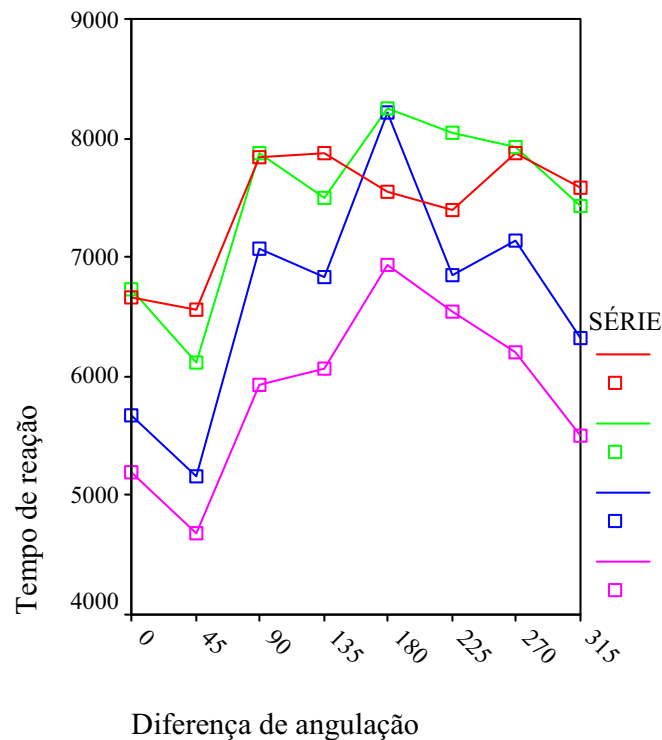


Figura 22. Tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* em função da interação entre diferença de angulação e série.

Apesar de não ter havido interação significativa entre diferença de angulação e sexo, a Figura 23 sumaria tal interação, com o objetivo de explorar os resultados. Pode ser observado a tendência da curva em U invertido para ambos os sexos, com maior tempo de reação quando as figuras apresentam diferença de angulação de 180°, sendo os meninos, de forma geral, mais rápidos que as meninas. Pode ser observada uma diminuição não esperada no tempo de reação na diferença de angulação de 45°.

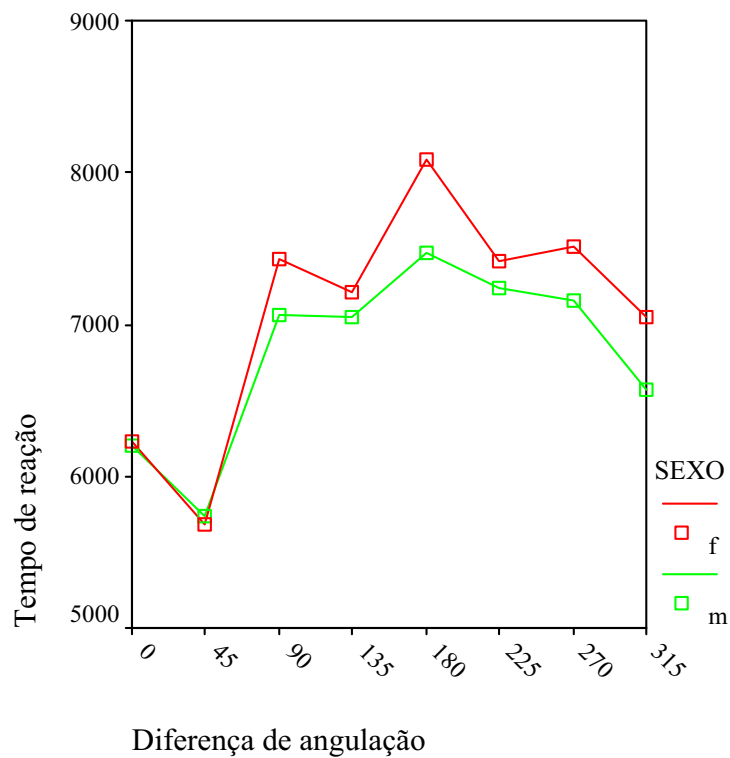


Figura 23. Tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* em função da interação entre diferença de angulação e sexo.

Também com objetivo de explorar os dados, apesar de não ter havido interação tripla significativa entre diferença de angulação, série e sexo, foram plotados os tempos de reação em cada série como função da diferença de angulação e do sexo. A Figura 24 a seguir sumaria tais resultados.

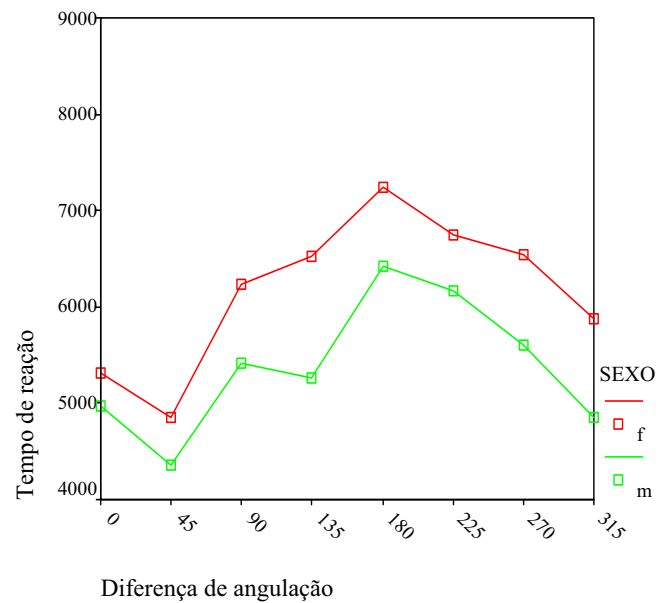
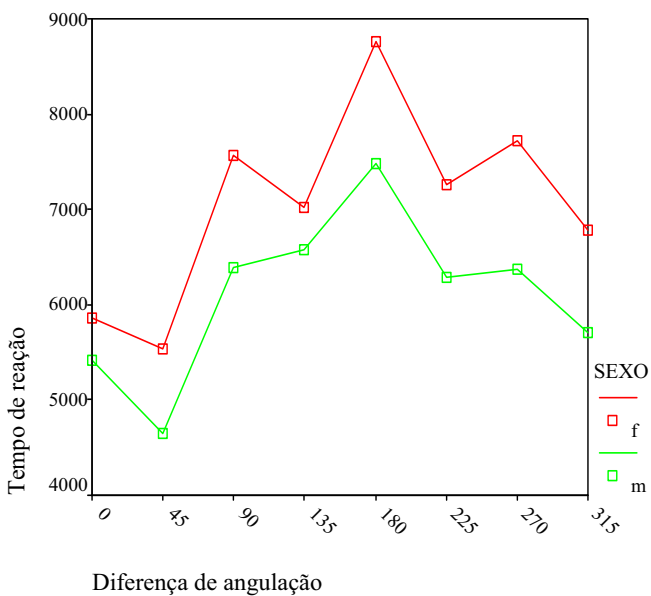
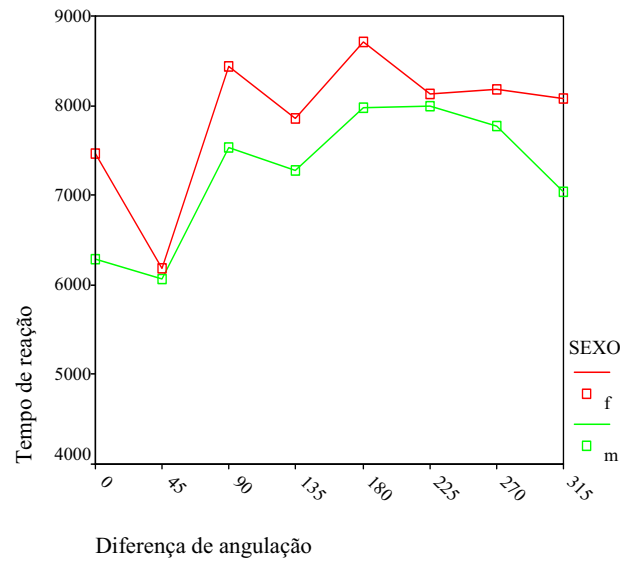
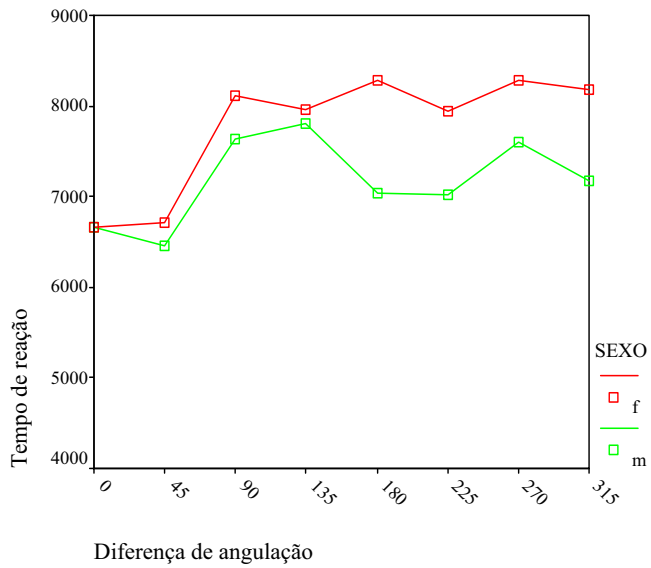


Figura 24. Tempo de reação no *ImagéticaBaby-Comp* dos participantes em função da interação entre diferença de angulação e sexo para cada uma das quatro séries.

Pode-se perceber que, em todas as séries, as meninas apresentaram tempo de reação maior que os meninos. Além disso, de forma geral a tendência de U invertido é

claramente observável a partir da 3ª série, sendo que, para os meninos, já na 2ª série essa tendência começa a ser delineada.

Contudo, pode-se observar um aumento no tempo de reação da 1ª série para a 2ª e 3ª séries em algumas diferenças de angulação. Nas diferenças de angulação 0°, 45° e 225°, as médias do tempo de reação foram maiores na 2ª série do que na 1ª série; na diferença de angulação 180°, a média do tempo de reação da 1ª série foi menor que as médias obtidas pelas 2ª e 3ª séries. Esse aumento no tempo de reação da 1ª para a 2ª série pode ser consequência da grande variedade das idades encontradas na 2ª série, em que a idade mínima é de 7 anos e 6 meses e a máxima de 10 anos e 9 meses, havendo dessa forma 3 anos e 3 meses de diferença entre a criança mais nova e a criança mais velha da 2ª série.

### **7.2.2. Evidências de validade do escore no *ImagéticaBaby-Comp***

De modo a buscar evidências de validade do desempenho em termos de escore no *ImagéticaBaby-Comp* foi conduzida uma Análise de Covariância mista. Foram usados como fator intra-sujeitos a diferença de angulação entre as figuras do teste; como fatores entre-sujeitos a série escolar e o sexo das crianças; como covariante o percentil no Raven; e como variável dependente o escore no *ImagéticaBaby-Comp*, ou seja, o total de acertos. Como foi feito para as análises do tempo de reação, nas análises de acerto também foi usada como covariante uma medida de inteligência não-verbal para evitar que possíveis diferenças no desempenho fossem devidas a variações dessa inteligência, e não às variáveis de interesse (i.e., série, sexo e diferença de angulação). A Tabela 11 sumaria as estatísticas descritivas brutas obtidas e a Tabela 12, as estatísticas descritivas corrigidas pela Ancova.

Tabela 11. Médias e, entre parênteses, desvios-padrão do escore no *ImagéticaBaby-Comp* para cada diferença de angulação, série escolar e sexo.

<b>Dif. de angulação</b>	<b>Sexo</b>	<b>1ª série</b>	<b>2ª série</b>	<b>3ª série</b>	<b>4ª série</b>
0°	f	2,5 (1,2)	2,7 (1,0)	2,7(1,2)	3,1 (1,0)
	m	2,8 (1,0)	2,8 (1,2)	3,2 (1,0)	3,5 (0,7)
	Total	2,7 (1,1)	2,7 (1,1)	2,9 (1,2)	3,3 (0,9)
45°	f	2,5 (1,3)	2,7 (1,2)	2,7 (1,3)	3,2 (1,0)
	m	2,3 (1,1)	2,8 (1,3)	3,2 (1,1)	3,4 (0,9)
	Total	2,4 (1,2)	2,7 (1,3)	2,9 (1,3)	3,3 (1,0)
90°	f	2,4 (1,2)	2,4 (1,2)	2,5 (1,2)	2,9 (1,2)
	m	2,2 (1,1)	2,5 (1,1)	2,9 (1,1)	3,4 (0,8)
	Total	2,3 (1,1)	2,5 (1,1)	2,6 (1,2)	3,1 (1,1)
135°	f	2,2 (1,3)	2,3 (1,2)	2,2 (1,1)	2,8 (1,1)
	m	2,2 (1,2)	2,4 (1,3)	2,6 (1,2)	3,1 (0,9)
	Total	2,2 (1,2)	2,4 (1,3)	2,4 (1,1)	2,9 (1,1)
180°	f	2,2 (1,3)	2,2 (1,2)	2,0 (1,3)	2,8 (1,1)
	m	2,3 (1,1)	2,5 (1,2)	2,5 (1,1)	3,3 (0,9)
	Total	2,3 (1,2)	2,4 (1,2)	2,2 (1,2)	3,0 (1,1)
225°	f	2,0 (1,2)	1,9 (1,2)	2,2 (1,2)	2,8 (1,1)
	m	1,9 (1,2)	2,4 (1,1)	2,6 (1,2)	3,3 (0,9)
	Total	1,95 (1,15)	2,2 (1,2)	2,3 (1,2)	3,0 (1,0)
270°	f	2,6 (1,3)	2,9 (1,3)	2,9 (1,0)	3,1 (1,0)
	m	2,8 (1,2)	3,0 (1,1)	3,2 (1,1)	3,5 (0,8)
	Total	2,7 (1,2)	2,9 (1,1)	3,02 (1,0)	3,3 (0,9)
315°	f	2,6 (1,2)	2,9 (1,3)	2,8 (1,2)	3,2 (1,1)
	m	2,5 (1,2)	3,1 (1,1)	3,3 (1,0)	3,5 (0,8)
	Total	2,6 (1,2)	3,0 (1,2)	3,0 (1,1)	3,4 (1,0)

Tabela 12. Estatísticas descritivas do escore no *ImagéticaBaby-Comp* como função da série escolar e sexo, corrigida após Ancova usando o percentil do Raven como covariante.

Série	Sexo	Diferença de angulação	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)	
					Limite inferior	Limite superior
1 <sup>a</sup>	f	0°	2,49	0,18	2,13	2,85
		45°	2,63	0,19	2,25	3,01
		90°	2,44	0,18	2,07	2,81
		135°	2,33	0,19	1,95	2,72
		180°	2,33	0,19	1,96	2,71
		225°	2,08	0,18	1,71	2,45
		270°	2,68	0,18	2,32	3,04
		315°	2,64	0,18	2,27	3,01
	m	0°	2,80	0,15	2,50	3,11
		45°	2,32	0,16	1,99	2,64
		90°	2,21	0,16	1,89	2,52
		135°	2,23	0,16	1,90	2,56
		180°	2,28	0,16	1,95	2,60
		225°	1,92	0,16	1,61	2,24
270°		2,79	0,15	2,48	3,10	
315°		2,55	0,16	2,24	2,87	
2 <sup>a</sup>	f	0°	2,67	0,15	2,37	2,98
		45°	2,69	0,16	2,36	3,01
		90°	2,45	0,16	2,13	2,76
		135°	2,30	0,16	1,97	2,63
		180°	2,21	0,16	1,89	2,53
		225°	1,95	0,16	1,63	2,26
		270°	2,86	0,15	2,54	3,17
		315°	2,88	0,16	2,56	3,20
	m	0°	2,75	0,12	2,51	2,98
		45°	2,74	0,12	2,49	3,00
		90°	2,53	0,12	2,29	2,78
		135°	2,39	0,13	2,13	2,65
		180°	2,45	0,12	2,20	2,70
		225°	2,36	0,12	2,12	2,61
270°		2,98	0,12	2,74	3,22	
315°		3,06	0,12	2,81	3,31	

Tabela 12 (continuação). Estatísticas descritivas do escore no *ImagéticaBaby-Comp* como função da série escolar e sexo, corrigida após Ancova usando o percentil do Raven como covariante.

Série	Sexo	Diferença de angulação	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)	
3 <sup>a</sup>	f	0°	2,66	0,17	2,31	3,01
		45°	2,71	0,18	2,33	3,08
		90°	2,47	0,18	2,11	2,84
		135°	2,25	0,19	1,87	2,63
		180°	1,99	0,18	1,62	2,36
		225°	2,19	0,18	1,83	2,55
		270°	2,87	0,18	2,51	3,22
		315°	2,79	0,18	2,42	3,15
	m	0°	3,17	0,20	2,76	3,58
		45°	3,07	0,22	2,64	3,50
		90°	2,81	0,21	2,39	3,24
		135°	2,53	0,22	2,09	2,97
		180°	2,38	0,21	1,95	2,81
		225°	2,51	0,21	2,09	2,93
		270°	3,18	0,21	2,76	3,59
		315°	3,20	0,21	2,78	3,62
4 <sup>a</sup>	f	0°	3,12	0,13	2,85	3,39
		45°	3,18	0,14	2,89	3,46
		90°	2,82	0,14	2,54	3,10
		135°	2,73	0,14	2,44	3,02
		180°	2,70	0,14	2,42	2,98
		225°	2,79	0,14	2,51	3,06
		270°	3,08	0,13	2,81	3,35
		315°	3,19	0,14	2,91	3,47
	m	0°	3,45	0,17	3,09	3,80
		45°	3,37	0,18	2,99	3,74
		90°	3,37	0,18	3,01	3,74
		135°	3,05	0,19	2,67	3,43
		180°	3,25	0,18	2,89	3,62
		225°	3,29	0,18	2,93	3,65
		270°	3,49	0,18	3,13	3,85
		315°	3,52	0,18	3,15	3,88

A Tabela 13 sumaria as estatísticas inferenciais obtidas para os fatores inter-sujeitos, a saber, o covariante percentil no Raven e os fatores série e sexo. Pode-se observar que houve efeito principal significativo do covariante percentil no Raven,  $F_{(1, 349)} = 40,06$ ,  $p = 0,000$ , e dos fatores série,  $F_{(3, 349)} = 13,37$ ,  $p < 0,000$ , e sexo,  $F_{(1, 349)} = 5,85$ ,  $p < 0,016$ . Não houve interação significativa entre os fatores série e sexo.

Tabela 13. Estatísticas inferenciais para fatores inter-sujeitos sobre o escore no *ImagéticaBaby-Comp*.

Fatores	Gl	F	p
Raven - percentil	1	40,06	0,000
Série	3	13,37	0,000
Sexo	1	5,85	0,016
Série * Sexo	3	1,41	0,237
Erro	349		

A Figura 25 representa o efeito principal de série escolar sobre o escore. Análise de comparação de pares de Bonferroni revelou que o escore da 4<sup>a</sup> série foi significativamente superior aos escores das demais séries. Ou seja, de acordo com os resultados, a habilidade de rotação mental esteve diretamente relacionada à progressão das séries escolares, pois, conforme aumentou a série a média do número de acertos aumentou. Contudo, observa-se que, entre a 2<sup>a</sup> série e a 3<sup>a</sup> série, ocorreu apenas um pequeno aumento no número de acertos.

Tal achado fornece evidência de validade do *ImagéticaBaby-Comp*, pois corrobora achados relatados por Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995) e Ester (1998), segundo os quais as crianças mais velhas apresentam um maior número de julgamentos corretos, havendo forte correlação positiva entre o aumento de acertos e o aumento da idade da criança. Na presente pesquisa para efetuar a análise do número de acertos, foi



adotado o mesmo procedimento empregado na análise do tempo de reação, ou seja, as análises foram conduzidas considerando a série e não idade, contudo, como anteriormente mencionada, observa-se um aumento progressivo das idades juntamente com o aumento das séries escolares, conforme mostra a Tabela 4, permanecendo, desta forma, uma hierarquia de idades.

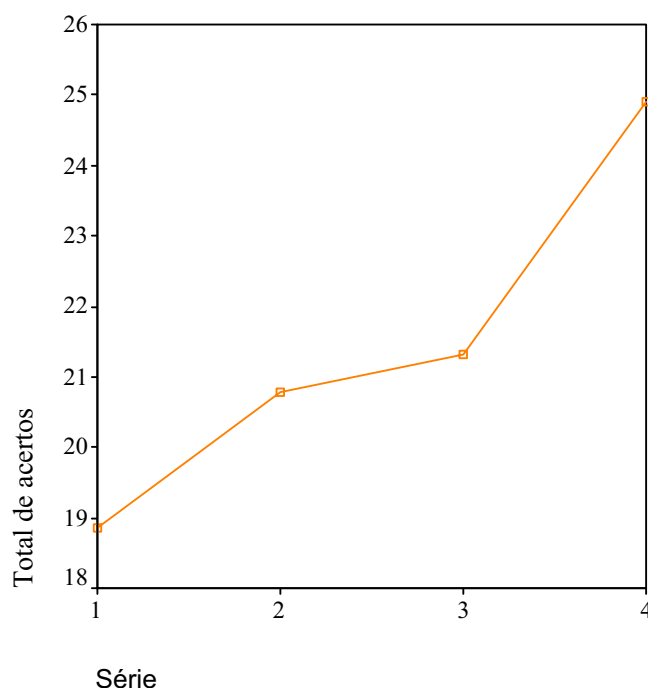


Figura25. Escore no *ImagéticaBaby-Comp* em função da série escolar.

A Figura 26 representa o efeito principal de sexo sobre o escore. Pode-se observar que os meninos apresentaram maior escore do que as meninas. O efeito de sexo sobre o escore é relatado pela literatura, corroborando as pesquisas realizadas por Anders e Hampson (2004), Covre, Piza, Lokasova e Macedo (2002), Delgado e Prieto (1997), Desrocher, Smith e Taylor (1995), Driscolla, Hamiltona, Yeob, Brooksc e Sutherland (2005), Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995), Guedes e Capovilla (1997), Hooven, Chabris, Ellison e Kosslyn (2004), Peters (2004), Quaiser-Pohl e Lehmann (2002), Rilea, Roskos-Ewoldsen e Boles (2004), Roberts e Bell (2003), Seuinck, Vingerhoets, Lange e Achteh (2004), e Weiss et. al. (2003). Tais estudos, da mesma

forma que a presente pesquisa, revelaram que os homens são mais precisos no julgamento de igualdade em tarefas de rotação mental.

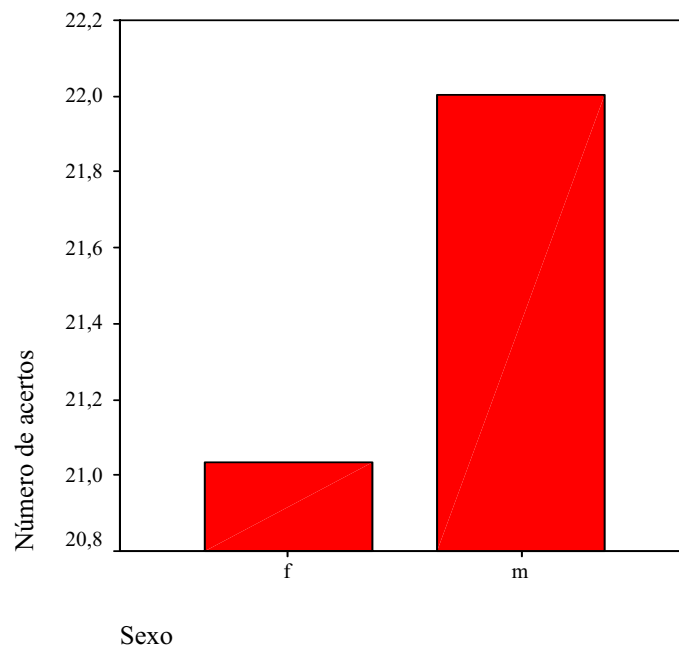


Figura 26. Escore no *ImagéticaBaby-Comp* em função do sexo dos participantes.

Apesar de não ter havido interação estatística significativa entre os fatores série e sexo, a Figura 27 resumiria esses dados, objetivando explorar os resultados. Observa-se que, de forma geral, os meninos apresentaram maior número de acertos do que as meninas, exceto para a 1ª série, em que o escore no *ImagéticaBaby-Comp* foi praticamente igual. Além disso, a curva de acertos dos meninos foi função monotônica da série, quanto que, para as meninas, houve uma pequena diminuição da 2ª para a 3ª série.

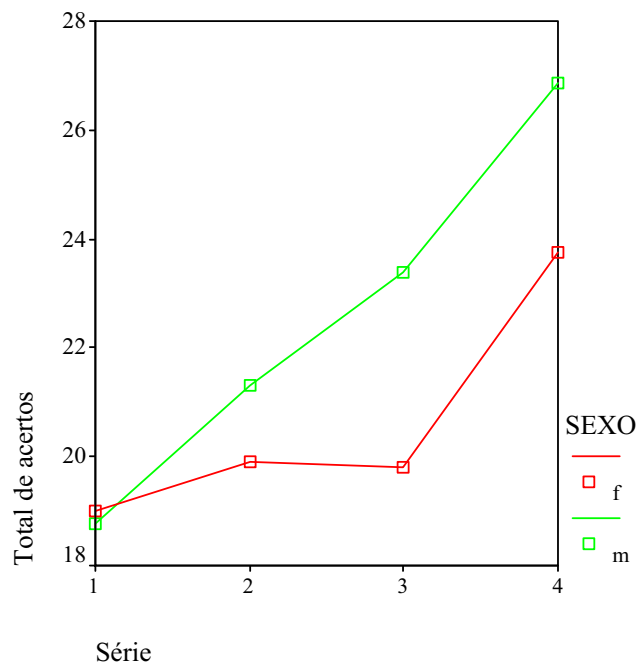


Figura 27. Escore no *ImagéticaBaby-Comp* em função da interação entre os fatores série e sexo.

A Tabela 14 sumaria as estatísticas inferenciais obtidas para o fator intra-sujeitos (total de acerto entre as figuras), em termos de efeito principal e de interações. Visto que houve heterogeneidade de covariância em relação à variável intra-sujeitos, com  $p < 0,000$ , foi considerada uma análise mais conservadora, a saber, a análise de Greenhouse-Geisser (Kinnear & Gray, 2000). Pode-se observar que houve efeito principal significativo de diferença de angulação,  $F_{(6,32, 2207,549)} = 13,03$ ,  $p < 0,000$ . Houve, também, interação significativa entre diferença de angulação e o covariante percentil no Raven,  $F_{(6,32, 2207,549)} = 3,98$ ,  $p < 0,000$ . Porém, não foi revelado efeito significativo da interação dupla entre diferença de angulação e sexo, ou da interação tripla entre diferença de angulação, série e sexo.

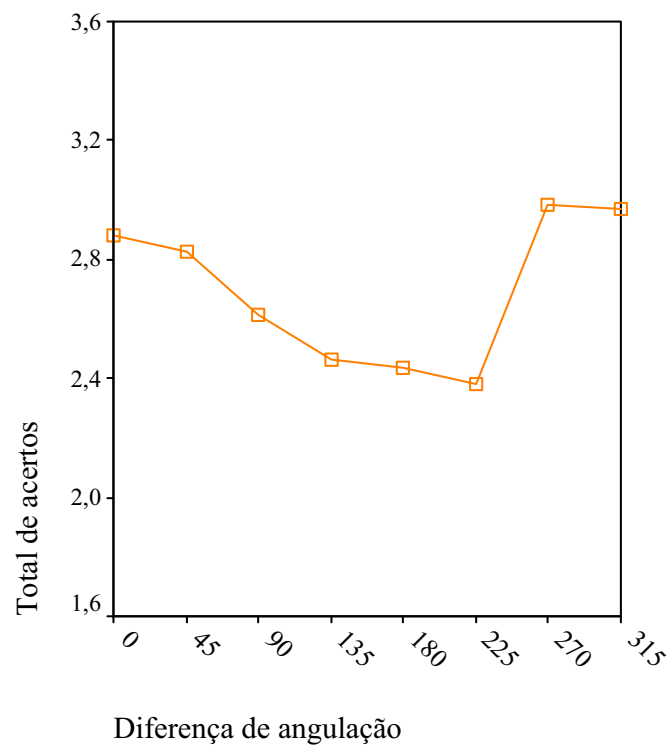
Tabela 14. Estatísticas inferenciais para o fator intra-sujeitos sobre o número de acertos do *ImagéticaBaby-Comp*.

<b>Fator</b>	<b>GI</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Diferença de angulação	6,325	13,029	0,000
Diferença de angulação * Raven	6,325	3,982	0,000
Diferença de angulação * Série	18,976	1,416	0,109
Diferença de angulação * Sexo	6,325	0,729	0,634
Diferença de angulação * Série * Sexo	18,976	0,564	0,932
Erro (Diferença de angulação)	2207,540		

A Figura 28 resumiria o efeito principal de diferença de angulação sobre o escore. Conforme anteriormente descrito, é esperado teoricamente que, quanto maior a diferença de angulação entre as figuras, tanto maior o processamento cognitivo necessário para rotacionar mentalmente a figura de modo a permitir o julgamento de identidade. Assim, os pares em que há maior diferença de angulação tenderiam a apresentar maior número de erros, devido a essa maior demanda de processamento cognitivo. A queda no escore tenderia a ocorrer até a diferença de angulação de 180° e, a partir daí, tenderia a diminuir, visto que a rotação passa a ser feita no sentido anti-horário, ocasionando uma tendência da curva em U.

De fato, conforme a Figura 28, foi obtida uma curva com tendência em U, apesar de algumas discrepâncias não esperadas, como a queda no acerto entre as diferenças de angulação de 180° e 225°, e entre 270° e 315°. Assim, a obtenção da curva com tendência em U no presente estudo fornece evidência de validade baseada no processo de resposta do *ImagéticaBaby-Comp*, ao usar o escore como medida de desempenho, e corrobora os achados de tempo de reação. Ou seja, tais resultados sugerem que o teste está de fato avaliando a habilidade de rotação mental, já que o padrão de desempenho

encontrado foi ao encontro do esperado.



*Figura 28.* Escore no *ImagéticaBaby-Comp* em função da diferença de angulação entre as figuras.

Apesar de não ter havido interação significativa entre diferença de angulação e série, a Figura 29 sumaria esses dados com o objetivo de explorar os resultados. Pode-se observar uma tendência geral da curva em U, que fica mais bem definida com o aumento das séries.

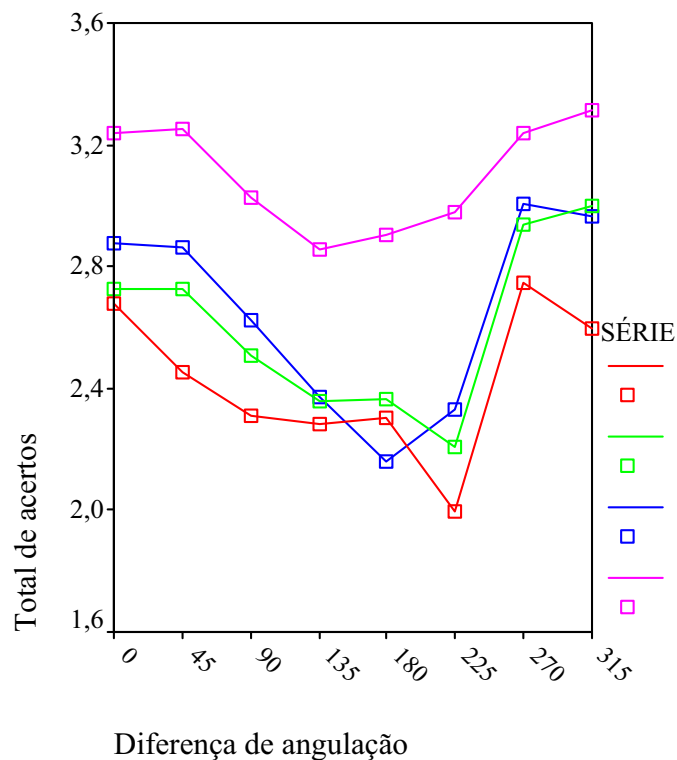


Figura 29. Escore no *ImagéticaBaby-Comp* em função da interação entre diferença de angulação e série.

Também apesar de não ter havido interação significativa entre diferença de angulação e sexo, a Figura 30 sumaria tal interação, com o objetivo de explorar os resultados. Pode ser observado uma tendência da curva em U para ambos os sexos, sendo os meninos, de forma geral, mais precisos no julgamento de igualdade que as meninas.

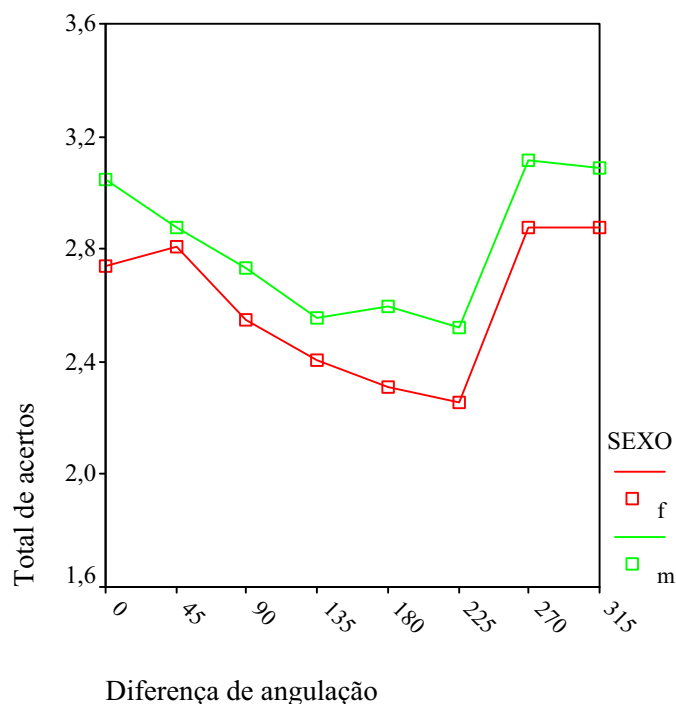


Figura 30. Escore no *ImagéticaBaby-Comp* em função da interação entre diferença de angulação e sexo.

Também com objetivo de explorar os dados, apesar de não ter havido interação tripla significativa entre diferença de angulação, série e sexo, foram plotados os escores em cada série como função da diferença de angulação e do sexo. A Figura 31 sumaria tais resultados.

Observa-se ainda que, na diferença de angulação  $0^\circ$ , o escore do sexo masculino da 2ª série foi menor que da 1ª série; nas diferenças de angulação  $135^\circ$  e  $180^\circ$ , o escore do sexo feminino da 1ª série foi maior que da 2ª série; e na diferença de angulação  $315^\circ$ , o escore da 2ª série foi maior que da 3ª série. Assim como ocorreu com o tempo de reação, a queda no desempenho em termos de escore da 1ª para a 2ª série pode ser consequência da grande variedade das idades encontradas na 2ª série. Pode-se observar, ainda que nenhuma série obteve a pontuação máxima de 4 pontos em nenhuma diferença de angulação, ou seja, não houve efeito de teto, sugerindo que o *ImagéticaBaby-Comp* poder ser administrado em crianças com escolaridade superior à 4ª série.

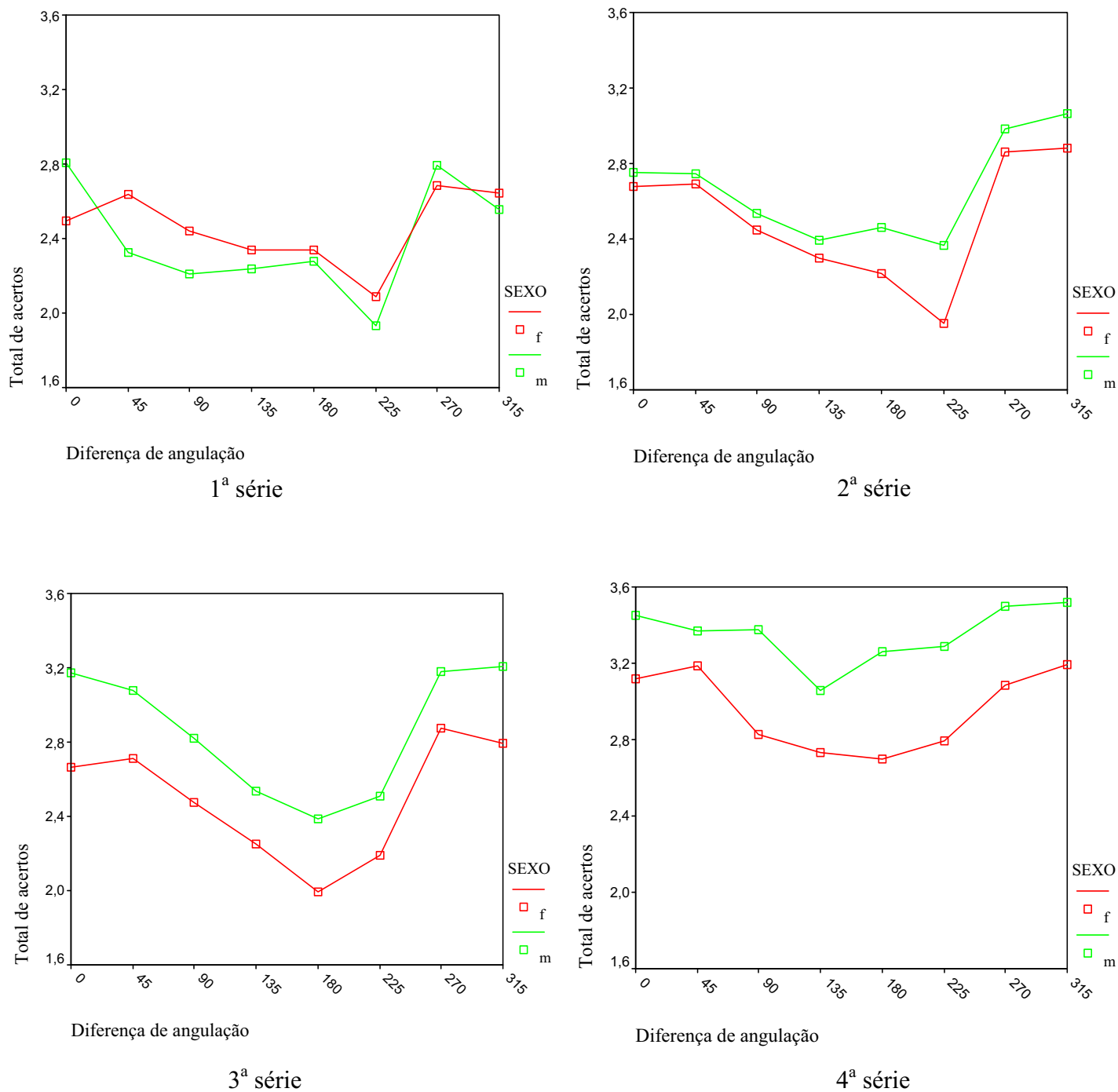


Figura 31. Escore dos participantes no *ImagéticaBaby-Comp* em função da interação entre diferença de angulação e sexo para cada uma das quatro séries.

Pode-se perceber que somente na 1ª série as meninas tiveram escores maiores que os meninos em algumas diferenças de angulação, mas nas outras séries, as meninas



apresentaram escores menores. Além disso, de forma geral a tendência de U é observável a desde a 1ª série.

### 7.3. Análise de correlação entre os diversos instrumentos

Com o objetivo de analisar a validade do *ImagéticaBaby-Comp* no presente estudo por meio da relação com o Teste Gestáltico Visomotor de Bender e com o Teste de Memória de Trabalho Visual, bem como verificar as possíveis relações entre os diversos instrumentos aplicados, foram conduzidas análises de correlação entre os desempenhos em cada instrumento. Nesta análise foram incluídos o tempo de reação e escore total no *ImagéticaBaby-Comp*, a pontuação bruta no Bender, o escore likert no Teste de Memória de Trabalho Visual, a pontuação bruta no Raven e a presença de perseveração no Bender.

A Tabela 15 sumaria os resultados das correlações. Conforme explicado no item *Participantes*, nem todas as crianças foram avaliadas em todos os testes, o que justifica a variação no número de sujeitos nas correlações apresentadas.

Tabela 15. Matriz de correlações entre os escores nos diversos instrumentos, com coeficiente de correlação de Pearson, significância e número de sujeitos.

		Escore no Imagética Baby-Comp	Pontuação no Bender	Escore no MTV	Pontuação bruta no Raven	Perseveração no Bender
Tempo de reação no Imagética Baby-Comp	<i>r</i>	-0,135*	0,209**	-0,225**	-0,228**	0,037
	<i>p</i>	0,010	0,000	0,000	0,000	0,491
	N	360	358	351	358	358
Escore no ImagéticaBaby-Comp	<i>r</i>		-0,324**	0,278**	0,442**	-0,116*
	<i>p</i>		0,000	0,000	0,000	0,028
	N		362	352	362	362

Nota. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

Como pode ser observado na Tabela 15, houve várias correlações significativas entre os desempenhos em diferentes instrumentos. O tempo de reação total no *ImagéticaBaby-Comp* apresentou correlação significativa negativa com o escore total no *ImagéticaBaby-Comp* ( $r = -0,135$ ;  $p < 0,010$ ), positiva com a pontuação bruta no Bender ( $r = 0,209$ ;  $p < 0,000$ ), negativa com o escore Likert do MTV ( $r = -0,225$ ;  $p < 0,000$ ) e negativa com a pontuação bruta no Raven ( $r = -0,228$ ;  $p < 0,000$ ).

O escore bruto no *ImagéticaBaby-Comp* apresentou correlação significativa negativa com a pontuação bruta no Bender, ( $r = -0,324$ ;  $p < 0,000$ ), positiva com o escore Likert do MTV ( $r = 0,278$ ;  $p < 0,000$ ), positiva com a pontuação bruta no Raven ( $r = 0,442$ ;  $p < 0,000$ ), e negativa com a ocorrência de perseverações no Bender ( $r = -0,116$ ;  $p < 0,028$ ).

Observa-se que o escore bruto no *ImagéticaBaby-Comp*, se correlacionou de forma significativa com todos os demais instrumentos. O tempo de reação total no *ImagéticaBaby-Comp* obteve correlação significativa com todos os instrumentos exceto com perseveração no Bender.

De forma geral, tais resultados as correlação do *ImagéticaBaby-Comp*, fornecem evidências de validade deste instrumento. Isto porque, como anteriormente discutido e como esperado teoricamente, a habilidade de rotação mental está relacionada à motricidade (Jeannerod, 1995, in Guedes & Capovilla, 1997) e à memória de trabalho visual (Guedes & Capovilla, 1997; Baddeley, 2000). Logo, seria esperado que testes que avaliam tais habilidades apresentassem correlação entre si, como de fato foi observado no presente estudo.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação abordou a rotação mental, forma específica de processamento da representação visual, uma operação cognitiva feita com imagens mentais que, a partir de transformações contínuas, possibilitam examiná-las mentalmente ao serem giradas em torno de um eixo específico (Sternberg, 2000). A análise dessa habilidade foi realizada valendo-se de uma perspectiva neuropsicológica cognitiva, buscando investigar o processamento subjacente à rotação mental e as bases neurofuncionais de tal rotação, identificando outras habilidades que compartilham as mesmas bases, visto que um mesmo substrato neurológico está usualmente correlacionado a aspectos cognitivos em comum (Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar & McMins, 2001; Tagaris et al., 1997).

Em termos de processamento cognitivo, a rotação mental é um processo analógico à rotação física, e é executada em uma representação mental que, de alguma maneira, preserva informações sobre a estrutura de todos os pontos durante a rotação (Richter et al., 2000). Conseqüentemente, o tempo exigido para determinar a igualdade ou não de duas figuras rotacionadas é uma função linear da rotação requerida, isto é, da diferença de angulação entre os objetos. Esse aumento do tempo de reação em função da diferença de angulação gera uma curva na forma de U invertido, pois há um aumento do tempo de reação até a diferença de angulação de  $180^\circ$  e, depois disso, um decréscimo, pois a rotação passa a ser feita no sentido anti-horário (O'Boyle & Hathaway, 1998, Harris, Egan, Sonkkila, Tochon-Danguy, Paxinos & Watson, 2000; Richter et al., 2000; Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar & McMains, 2001; Petit, Pegna, Mayer, & Hauert, 2003; Johnstona, Leeka, Athertonb, Thacker, & Jackson, 2004).

Em termos de bases neurofuncionais da habilidade de rotação mental foi encontrada vasta literatura que evidencia a importância da ativação do lobo parietal, fato que tem sido relatado por pesquisas desenvolvidas por Gill, O'Boyle e Hathaway (1998), Harris, Egan, Sonkkila, Tochon-Danguy, Paxinos e Watson (2000), Harris e Miniussi (2003), Johnstona, Leeka, Athertonb, Thackerc, e Jackson (2004), Jordan, Heinze, Luz, Kanowski e Jäncke (2001), Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar e McMains (2001), Petit, Pegna, Mayer e Hauert, (2003), e Wolbers, Weiller e Büchel (2003). Foi evidenciada também, a participação do lobo frontal, especificamente, do córtex pré-frontal (Choen et al., 1996; Richter et al., 2000).

Analisando as habilidades de memória de trabalho visual e habilidade visomotora, pôde-se constatar que as suas bases neurológicas compartilham as mesmas bases neurofuncionais da habilidade de rotação mental (Guedes & Capovilla, 1997, Just et al., 2001; Tagaris et al., 1997). Logo, seria esperado teoricamente que os desempenhos em testes de rotação mental, memória de trabalho visual e habilidade visomotora se correlacionassem e, se tal achado fosse de fato verificado no presente estudo, forneceria evidências de validade aos instrumentos usados.

Assim, no presente estudo foi verificada a precisão e foram buscadas evidências de validade do teste *ImagéticaBaby-Comp* (Capovilla, Lopes, Macedo & Capovilla, 2005), instrumento para a avaliação de rotação mental, em crianças de 1ª a 4ª série do ensino fundamental.

Para tanto, inicialmente foram calculados o alfa de Cronbach e o coeficiente de Spearman-Brown para os desempenhos em termos do tempo de reação e do número de acertos, sendo os coeficientes de precisão do *ImagéticaBaby-Comp* muito bons.

Na segunda análise conduzida, foi avaliado se o desempenho das crianças no *ImagéticaBaby-Comp*, em termos de tempo de reação, variou com a série escolar, com o gênero das crianças e com a diferença no ângulo de rotação entre as figuras. Em relação

aos fatores inter-sujeitos, houve efeito principal significativo do covariante percentil no Raven e dos fatores série e sexo. Os resultados, desta forma, fornecem evidências de validade do teste, ao mostrarem que o tempo de reação tendeu a diminuir com o aumento da série escolar, assim como descrito pelos estudos de Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995) e Ester (1998).

Foi observado também, que os meninos apresentaram menor tempo de reação do que as meninas. Esse efeito de sexo sobre o tempo de reação encontrado é relatado pela literatura como em pesquisas realizadas por Anders e Hampson (2004), Covre, Piza, Lokasova e Macedo (2002), Delgado e Prieto (1997), Desrocher, Smith e Taylor (1995), Driscolla, Hamiltona, Yeob, Brooksc e Sutherland (2005), Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995), Guedes e Capovilla (1997), Hooven, Chabris, Ellison e Kosslyn (2004), Peters, (2004), Quaiser-Pohl e Lehmann (2002), Rilea, Roskos-Ewoldsen e Boles (2004), Roberts e Bell (2003), Seuinck, Vingerhoets, Lange e Achteh (2004), e Weiss et al. (2003).

Na análise das estatísticas inferenciais obtidas para o fator intra-sujeitos em termos de efeito principal e de interações, houve efeito principal significativo de diferença de angulação, interação significativa entre diferença de angulação e o covariante percentil no Raven, e entre os fatores diferença de angulação e série.

Como efeito principal de diferença de angulação sobre o tempo de reação, foi observada a tendência da curva em U invertido, como esperado teoricamente (O'Boyle & Hathaway, 1998, Harris, Egan, Sonkkila, Tochon-Danguy, Paxinos & Watson, 2000; Richter et al., 2000; Just, Carpenter, Maguire, Diwadkar & McMains, 2001; Petit, Pegna, Mayer, & Hauert, 2003; Johnstona, Leeka, Athertonb, Thacker, & Jackson, 2004). Este resultado fornece evidências de validade do instrumento, sugerindo que o *ImagéticaBaby-Comp* está de fato avaliando a habilidade de rotação mental.

Na terceira análise foi avaliado se o desempenho das crianças no *ImagéticaBaby-Comp*, em termos de acertos, variou com a série escolar, com o gênero das crianças e com a diferença no ângulo de rotação entre as figuras. Houve efeito principal significativo do covariante percentil no Raven, e dos fatores série e sexo.

Foi verificado também, que os meninos apresentaram maior escore do que as meninas. O efeito de sexo sobre o escore é relatado pela literatura, corroborando as pesquisas realizadas por Anders e Hampson (2004), Covre, Piza, Lokasova e Macedo (2002), Delgado e Prieto (1997), Desrocher, Smith e Taylor (1995), Driscolla, Hamiltona, Yeob, Brooksc e Sutherland (2005), Grimshaw, Sitarenios e Finegan (1995), Guedes e Capovilla (1997), Hooven, Chabris, Ellison e Kosslyn (2004), Peters (2004), Quaiser-Pohl e Lehmann (2002), Rilea, Roskos-Ewoldsen e Boles (2004), Roberts e Bell (2003), Seuinck, Vingerhoets, Lange e Achteh (2004), e Weiss et. al. (2003).

A análise das estatísticas inferenciais obtidas para o fator intra-sujeitos revelou efeito principal significativo de diferença de angulação, e interação significativa entre diferença de angulação e o covariante percentil no Raven. Contudo, não foi revelada efeito significativo da interação dupla entre diferença de angulação e sexo, e da interação tripla entre diferença de angulação, série e sexo.

Pode ser observado o efeito principal de diferença de angulação sobre o escore, com tendência da curva em U, fornecendo evidência de validade com base no processo de resposta para a medida de acertos no *ImagéticaBaby-Comp*.

Na quarta parte dos resultados foram conduzidas análises de correlação entre os desempenhos em cada instrumento. Nesta análise foram incluídos o tempo de reação e escore total no *ImagéticaBaby-Comp*, a pontuação bruta no Bender, o escore likert no Teste de Memória de Trabalho Visual, a pontuação bruta no Raven e a presença de perseveração no Bender. Houve várias correlações significativas entre os desempenhos nos diferentes instrumentos. O tempo de reação total no *ImagéticaBaby-Comp*

apresentou correlação significativa com o escore total no *ImagéticaBaby-Comp*, com a pontuação bruta no Bender, com o escore Likert do MTV e com a pontuação bruta o Raven. O escore bruto no *ImagéticaBaby-Comp* apresentou correlação significativa com a pontuação bruta no Bender, com o escore Likert do MTV, com a pontuação bruta no Raven, e com a ocorrência de perseverações no Bender.

De forma geral, os resultados das correlações do *ImagéticaBaby-Comp*, forneceram evidências de validade deste instrumento. Correlações entre desempenhos no do *ImagéticaBaby-Comp* e no Bender eram esperadas visto que a habilidade de rotação mental está relacionada à motricidade (Jeannerod, 1995, in Guedes & Capovilla, 1997). Esse fato está relacionado ao envolvimento das áreas parietal e frontal em ambas as tarefas. A correlação encontrada também corrobora a hipótese de que transformações de imagens mentais são guiadas, pelo menos em parte, por processos motores, e, sendo assim, a rotação mental é guiada por processos que também preparam a pessoa para antecipar resultados de uma ação motora específica, como mostram pesquisas com neuroimagem realizadas por Andersen e Zipse (1988); Ganis, Keenan, Kosslyn e Pascual-Leone (2000); Richter et al. (2000); Sirigu e Duhamel (2001); Tomasino, Toraldo e Rumiati (2003); Wexler, Kosslyn e Berthoz (1998); Windischberger, Lamm, Bauer e Mosera (2003); Wraga, Thompson, Alpert e Kosslyn (2003).

A correlação encontrada entre o escore no *ImagéticaBaby-Comp* e a perseveração no Bender também era esperada conforme a literatura, já que a perseveração encontra-se relacionada às disfunção neurológica em áreas pré-frontais (Bear, Connors & Paradiso, 2002; Pliszka, 2004), área envolvida tanto na habilidade de rotação mental quanto em habilidades motoras.

A relação entre rotação mental e memória de trabalho visual também era esperada teoricamente (Guedes & Capovilla, 1997; Baddeley, 2000) e fornece evidências de validade para o *ImagéticaBaby-Comp*. Essa correlação evidencia que o desempenho em

tarefas que envolvem a habilidade de rotação mental esteja associado à maior capacidade da memória de trabalho visual (Baddeley & Lieberman, 1980 apud Covre, Macedo, Capovilla & Schwastzman, 2005). Pode-se também aventar a possibilidade de que esta correlação encontra-se pautada nas bases neurofuncionais em comum com a habilidade de rotação mental. Logo, seria esperado que testes que avaliam as habilidades de rotação mental, memória de trabalho visual e habilidades visomotoras apresentassem correlação entre si, o que de fato foi verificado no presente estudo. Desta forma, os resultados encontrados na presente dissertação contribuíram para fornecer evidências de validade para o *ImagéticaBaby-Comp*.

Conforme descrito no início dos resultados, foram conduzidas análises buscando verificar evidências de validade no *ImagéticaBaby-Comp* considerando todos os itens independentes do julgamento de igualdade e dos acertos e erros dos sujeitos; considerando apenas os itens com pares de comparação em que as duas figuras correspondiam a um julgamento de igualdade; e considerando somente os itens em que a resposta dos sujeitos foram corretas.

Sugere-se que pesquisas futuras façam outras análises com os dados aqui apresentados, no intuito de verificar melhor os efeitos de aprendizagem durante a execução do teste, bem como verificar a influência da angulação da primeira figura do par de comparação tanto no tempo de resposta quanto no número de acertos. Pesquisas futuras podem ser conduzidas também com sujeitos de escola particular, de séries mais avançadas ou mesmo com a inclusão de participantes com distúrbios em áreas parietal e/ou frontal, podendo assim ajudar a elucidar mais especificamente os resultados aqui encontrados.



## REFERÊNCIAS

- Anastasi, A. & Urbina, A. S. (2000). *Testagem psicológica*. Porto Alegre, Artmed.
- Andersen, R. A. & Zipser, D. (1988). The role of the posterior parietal cortex in coordinate transformations for visual-motor integration. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 66(4), 488-501.
- Angelini, A. L., Alves, I. C. B., Custódio, E. M., Duarte, J. L. M., & Duarte, W. F. (1999). *Manual: Matrizes Progressivas Coloridas de Raven - escala especial*. São Paulo, Centro Editor de Testes e Pesquisas em Psicologia.
- American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education (1999). *Standards for educational and psychological testing*. New York, American Educational Research Association.
- Anders, S. M. & Elizabeth Hampson, E. (2005). Testing the prenatal androgen hypothesis, measuring digit ratios, sexual orientation, and spatial abilities in adults. *Hormones and Behavior*, 47, 92–98.
- Ardila, A., & Ostrosky-Solís, F. (1996). *Diagnóstico del daño cerebral: enfoque neuropsicológico*. Mexico, Editorial Trillas.
- Baddeley, A. (2000). Short-Term and Working Memory. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford Handbook of memory* (pp. 77-92). New York, NY, Oxford University Press.
- Bear, M. F., Connors B. W. & Paradiso, M. A. (2002). *Neurociências desvendando o sistema nervoso*. Porto Alegre, RS, ArtMed.
- Braver, T. S., Cohen, J. D., Nystrom, L. E., Jonides, J., Smith, E. E. & Noll, D. C. (1997). A Parametric Study of Prefrontal Cortex Involvement in Human Working Memory. *Neuroimage*, 5, 49-62.
- Burt, A. M.(1995). *Neuroanatomia*. Rio de Janeiro, RJ, Ed. Guanabara Koogan.
- Capovilla, A. G. S. (2003). *Desenvolvimento e validação de instrumentos de avaliação neuropsicológica*. Relatório de pesquisa não publicado.
- Capovilla, A. G. S. (2005). Neuropsicologia Cognitiva e Avaliação neuropsicológica. In E. C. Macedo & F. Capovilla (2005). *Temas em neuropsicolinguística* (pp. 3-20). Ribeirão Preto, SP, Tecmedd.
- Capovilla, A. G. S., Lopes, F., Macedo, E. C. & Capovilla, F. C. (2005). *ImagéticaBaby-Comp*. Software desenvolvido, Universidade São Francisco.
- Capovilla, F. C. (1997). Aplicações de processamento computacional à análise de processamento cognitivo. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, 1(2), 589-628.
- Capovilla, F. C., Guedes, M. & Macedo, E. C. (1998). Análise computadorizada de

rotação mental de objetos tridimensionais, Efeitos de diferença de angulação e de eixo de rotação II. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, 2(4), 721-820.

- Clawson, A (1992). *Bender infantil: manual de diagnóstico clínico*. (J. A. Cunha, trad.). Porto Alegre, RS, Artmed.
- Chein, J. M. & Fiez, J. A. (2001). Dissociation of Verbal Working Memory System Components Using a Delayed Serial Recall Task. *Cerebral Cortex*, 11(11), 1003-1004.
- Choen, M. S., Kosslyn, S. M., Brieter, H. C., Di Girolamo, G. J., Thompson, W. L., Anderson, A. K., Bookheimer, S. Y., Rosen, B. R. & Belliveau, J. W. (1996). Changes in cortical activity during mental rotation, A mapping study using functional MRI. *Brain*, 119, 89-100.
- Colom, R. & Flores-Mendoza, C. (2001). Inteligência e memória de trabalho, a relação entre fator g, complexidade cognitiva e capacidade de processamento. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 17(1), 37-47.
- Covre, P., Piza, C. M. J. T., Lukasova, K & Macedo, E. C. (2002). Diferenças de gênero na capacidade de rotação mental de objetos. *Boletim de Iniciação Científica em Psicologia*, 3(1), 19-26.
- Covre, P., Macedo, E. C., Capovilla, F. C. & Schwartzman, J. S. (2005). Movimentos oculares e padrões de busca visual em tarefas de rotação mental. *Psico-USF*, 10(1), 41-49.
- Cozza, H. F. P. (2005). *Avaliação das funções executivas em crianças e correlação com atenção e hiperatividade*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Universidade São Francisco, Itatiba.
- Crottaz-Herbette, S., Anagnoson, R. T. & Menon, V. (2004). Modality effects in verbal working memory, differential prefrontal and parietal responses to auditory and visual stimuli *NeuroImage*, 21, 340-351
- Damásio, A. (1996). *O Erro de Descartes*. São Paulo, SP, Companhia das Letras.
- Dean, R. S. & Woodcock, R. W. (1999). *The WJ-R and Bateria-R in Neuropsychological Assessment: Reserch report number 3*. Itasca, IL, Riverside Publishing.
- D'Esposito M., Aguirre .G. K., Zarahn, E., Ballard, D., Shin, R. K. & Lease, J. (1998). Function MRI studies of spatial and nonspatial workin memory. *Cognitive Brain Research*, 7, 1-13.
- De Lisi, R. & Wolford, J. L. (2002). Improving Children's Mental Rotation Accuracy With Computer Game Playing. *Journal of Genetic Psychology*, 163(3), 272-283.
- Deutsch, G. & Halsey, J. H. (1991). Cortical bloodflow indicates frontal asymmetries dominate in males but not females during task performance. *Jornal of Cerebral Bloodflow and Metabolism*, 11. 787-796.

- Deutsch, G., Boubon, W. T., Papanicolau, A. C. & Eisenberg, H. M. (1991). Visuospatial tasks compared via activations of regional cerebral blood flow. *Neuropsychologia*, 26, 445-452.
- Desrocher, M. E., Smith, M. L. & Taylor, M. J. (1995). Stimulus and Sex Differences in Performance of Mental Rotation, Evidence from Event-Related Potentials. *Brain and Cognition*, 28, 14-38.
- Driscoll, I., Hamiltona, D. A., Yeob, R. A., Brooks, W. M. & Sutherland, R. J. (2005). Virtual navigation in humans, the impact of age, sex, and hormones on place learning. *Hormones and Behavior*, 47, 326– 335
- Ellis, A. W. & Young, A. W. (1989). *Human Cognitive Neuropsychology*. London, UK, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Embretson, S. E. (1996). Cognitive Design Principles and the successful performer, A study on Spatial Ability. *Journal of Educational Measurement*. 33(1), 29-39.
- Estes, D. (1998). Young Children's Awareness of Their Mental Activity, The Case of Mental Rotation. *Child Development*, 69(5), 1345-1360.
- Everson, R. M., Prashanth, A. K, Gabbay, M, Knight, B. W., Sirovich, L & E. Kaplan, E. (1998). Representation of spatial frequency and orientation in the visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 95, 8334–8338.
- Friedman, H. R. & Goldman-Rakic, P. S. (1994). Coactivation of prefrontal cortex and inferior parietal cortex in working memory tasks revealed by 2DG functional mapping in the rhesus monkey. *Journal of Neuroscience*. 14, 2775-2788.
- Galera, C. & Fuhs, C. C. L.(2003). Memória Visuo-Espacial a Curto Prazo, Os Efeitos da Supressão Articulatoria e de uma Tarefa Aritmética. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 16(2), 337-348.
- Goyen T. A., Lui K., Woods R. (1998). Visual-motor, visual-perceptual, and fine motor outcomes in very-low-birthweight children at 5 years *Developmental Medicine And Child Neurology*. 40(2), 76-81.
- Fonseca, V. (1995). *Manual de Observação Psicomotora*. Porto Alegre, RS, Artmed – Bookman
- Ganis, G., Keenan, J. P., Kosslyn, S. M. & Pascual-Leone, A (2000). Transcranial magnetic Stimulation of Primary Motor Cortex Affects Mental Rotation. *Cerebral Cortex*, 10(2), 175-180.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. & Mangun, G. R. (2002). *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind*. New York, NY, Norton & Company.
- Gentilucci, M., Daprati, E. & Gangitano, M. (1998). Right-handers and left-handers have diffeent representations of their own hand. *Cognitive Brain Research*, 6, 185-192.

- Gentilucci, M., Benuzzi, F., Bertolani, L., Daprati, E. & Gangitano, M. (2000). Recognising a hand by grasp. *Cognitive Brain Research*, 9, 125-135.
- Gil, R. (2002). *Neuropsicologia*. (2<sup>a</sup> ed). (M. A. A. S. Dorta, trad.). São Paulo, SP, Livraria Santos Editora Ltda.
- Gill H. S., O'Boyle M. W., Hathaway J. (1998). Cortical distribution of EEG activity for component processes during mental rotation. *Cortex*. 34(5), 707-718.
- Goldstein, G. (2000). Comprehensive Neuropsychological Assessment Batteries. In. Goldstein, G. & Hersen, M. (2000). *Handbook of Psychological Assessment*. (pp. 231-261). Oxford, UK, Elsevier Science Ltd.
- Guedes, M. & Capovilla, F. C.(1997). Imagética visual enquanto rotação mental, uma revisão. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, 1(2), 645-744.
- Guedes, M., Capovilla, F. C., Macedo, E. C. & Duduchi, M. (1998). Análise computadorizada de rotação mental de objetos tridimensionais I, Efeitos de diferença de angulação e de eixo de rotação. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, 2(3), 429-468.
- Guttman, R., Epstein, E. E., Amir, M. & Guttman, L. (1990). A Structural Theory of Spatial Abilities. *Applied Psychological Measurement*. 14(3), 217-236.
- Grimshaw, G. M., Sitarenios, G. & Finegan, J. A. K. (1995). Mental Rotation at 7 years, Relations with Prenatal testosterone Levels and Spatial Play Experiences. *Brain and Cognition*. 29, 85-100.
- Harris, I. M., Egan, G. F., Sonkkila, C., Tochon-Danguy, H. J., Paxinos, G. & Watson, J. D. G. (2000). Selective right parietal lobe activation during mental rotation, a parametric PET study. *Brian* 123, 65-73.
- Harris, I. M. & Miniussi, C. (2003). Parietal Lobe Contribution to Mental Rotation Demonstrated with rTMS. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3), 315-324.
- Hooven, C. K., Chabris, C. F., Ellison, P. T. & Kosslyn, S. M. (2004). The relationship of male testosterone to components of mental rotation. *Neuropsychologia*, 42, 782-790.
- Hynd, G. H. & Willis, W. G. (1988). *Pediatric Neuropsychology*. Kingston, Rhode Island.
- Johnston, S, Leeka, E. C., Atherton, C., Thacker, N. & Jackson, A. (2004). Functional contribution of medial premotor cortex to visuo-spatial transformation in humans. *Neuroscience Letters* 355: 209–212.
- Jordan, K., Heinze, H. J., Lutz, K, Kanowski, M. & Jäncke, L. (2001). Cortical Activations during the Mental Rotation of Different Visual Objects. *Neuroimage*, 13, 143-152.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8, 441-480.

- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension, Individual differences in working memory. *Psychological Review*. 99, 122-149.
- Just, M. A., Carpenter, P. A., Maguire, M., Diwadkar, V. & McMins, S. (2001). Mental rotation of objects retrieved from memory, A functional MRI study of spatial processing. *Journal of Experimental Psychology: General*. 130(3), 493-504.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H. & Jessell, T. M. (1997). *Fundamentos da Neurociência e do Comportamento*. (C. A. Esbérard e M. C. Engelhardt trad.). Rio de Janeiro-RJ, Prentice-Hall do Brasil Ltda.
- Kelly, T. P., Borrill, H. S., & Maddell, D. L. (1996). Development and assessment of executive function in children. *Child Psychology and Psychiatry Review*. 1, 46-51.
- Kinney, P. R. & Gray, C. D. (2000). *SPSS for Windows made simple – release 10*. Hove, UK, Psychology Press.
- Koppitz, E. M. (1987). *O teste gestáltico beder para crianças*. (R. N. Piccoli trad.). Artes Médicas, Porto Alegre.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York, NY, Oxford, University Press Inc.
- Lisi, R. & Wolford, J. (2002). Improving Children's Mental Rotation Accuracy With Computer Game Playing. *The Journal of Genetic Psychology*, 16(3). 272-282.
- Lima, M. (2003). Avaliação Neuropsicológica no paciente Idoso. In, L. E. L. Ribeiro do Valle (Org.). *Temas Multidisciplinares de Neuropsicologia e Aprendizagem*. (pp. 269-279). São Paulo, SP, Scortecci.
- Leung, H. C & Zhang, J. X. (2004). Interference resolution in spatial working memory. *NeuroImage* 23,1013-1019
- Lofiego, J. L. (1995). *Disgrafia: Avaliação Fonoaudiológica*. Rio de Janeiro, Revinter.
- Lohman, D. F. (1993). *Spatial Ability and G*. Paper presented at the first Spearman Seminar, University of Plymouth.
- Lunoyekman, L. (2000). *Neurociência – Fundamentos para a Reabilitação*. (C. A. Esbérard, trad.). Rio de Janeiro, RJ, Ed. Guanabara Koogan.
- Luria, A. R. (1973). *The Working Brain*. Baltimore MD, Penguin Books Ltd
- Luria, A. R. (1975). *El Cerebro en acción*. Barcelona, Editorial Fontanela.
- Luria, A. R. (1981). *Fundamentos de Neuropsicologia*. Rio de Janeiro, RJ, Livros técnicos e Científicos.
- Luria, A. R. (1986). *Pensamento e Linguagem*, Porto Alegre, RS, Artes Médicas.

- Mac-Kay, A. P. M. G., Assencio-Ferreira, V. J. & Ferri-Ferreira, T. M. S. (2003). *Afásias e Demências: avaliação e tratamento fonoaudiológico*. São Paulo, Livraria Editora Santos.
- Maciel Jr., J. A. (1996). Processamento da linguagem, Modelos anátomo-funcionais. Em, R. Nitrini, P. Caramelli & L. L. Mansur (Orgs.). *Neuropsicologia das Bases anatômicas à reabilitação*. (pp. 171–181). São Paulo, SP, Clínica Neurológica do Hospital das Clínicas – FMUSP.
- Mellet, E., Tzourio-Mazoyer, N., Bricogne, S., Mazoyer, B., Kosslyn, S. M. & Denis, M. (2000). Functional Anatomy of High-Resolution Visual Mental Imagery. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 98-109.
- Muniz, J. (2004). La validación de los tests. *Metodología de las ciencias del comportamiento*, 5(2), 121-141.
- Nitrini, R. (1996). Conceitos anatômicos básicos em Neuropsicologia. In, R. Nitrini, P. Caramelli & L. L. Mansur (Orgs.). *Neuropsicologia das Bases anatômicas à Reabilitação*. (pp. 11–30). São Paulo, SP, Clínica Neurológica do Hospital das Clínicas – FMUSP.
- Nitrini, R. (2003). A Neurologia que todo Médico deve saber. In, R. Nitrini & L. A. Bacheschi (Orgs.). *A Neurologia que todo médico deve saber*. (pp. 5–54). São Paulo, SP, Ed. Atheneu.
- Orstein, R., Johnstone, J., Herron, J. & Swencionis, C. (1980). Differential right hemisphere engagement in visuospatial tasks. *Neuropsychologia*, 18, 49-64.
- Oliveri, M., Turriziani, P., Carlesimo, G. A., Koch, G., Tomaiuolo, F., Panella, M. & Caltagirone, C. (2001). Parieto-frontal Interactions in Visual-object and Visual-spatial Working Memory, Evidence from Transcranial Magnetic Stimulation. *Cerebral Cortex*, 11(7), 606-618.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations*. New York, NY, Oxford University Press.
- Pellegrino, J. W., & Kail, R. (1982). Process analyses of spatial aptitude. In, R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, 1, 311-365. Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- Pessoa, L., Ungerleider, L. G. (2004). Neural Correlates of Change Detection and Change Blindness in a Working Memory Task. *Cortex*, 14(5), 511-520.
- Peters, M. (2005). Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems. *Brain and Cognition*, 57, 176–184.
- Petit, L. S., Pegna, A. J., Mayer, E. & Hauert, C. A. (2003). Representation of anatomical constraints in motor imagery, mental rotation of a body segment. *Brain and Cognition*, 51(1), 95-101
- Pliska, S. R. (2004). *Neurociência para o clínico de saúde mental*. Porto Alegre, Artmed.

- Prather, S. C. & Sathian, K. (2002). Mental Rotation of tactil stimuli. *Cognitive Brain Research*, 14, 91-98.
- Primi, R. (2002). *Teste de memória de trabalho visual*. Programa de Computador. Itatiba, LabAPE.
- Postle, B. R., Stern, C. e., Rosen, B. R. & corkin, S. (2000). An fMRI Investigation of Cortical Contributions to spatial an Nonspatial Visual Working Memory. *NeuroImage*, 11, 409-423.
- Pylyshyn, Z. W. (1987). Mental Imagery In R L Gregory & O L Zangwill (Eds.), *The Oxford Companion to the Mind*, Oxford, New York, Oxford University Press.
- Quaiser-Pohl, C. & Lehmann, W. (2002). Girls' spatial abilities, Charting the contributions of experiences and attitudes in different academic groups. *British Journal of Educational Psychology*, 72, 245-260.
- Rao, S. M. (1996). Neuropsychological assessment. In, B. S. Fogel, R. P. Schiffer & S. M. Rao (Ed.). *Neuropsychiatry*. (pp. 29-45). Baltimore, Williams & Wilkims.
- Richter, W., Somorjai, R., Summers, R., Jarmasz, M., Menon, R. S., Gati, J. S., Georgopoulos, A. P., Tegeler, C., Ugurbil, K. & Kim, S. G. (2000). Motor area activity during mental rotation studied by time-resolved single-trial fMRI J *Cognition Neurosci.* 12(2),310-20.
- Rilea, S. L., Roskos-Ewoldsen, B. & Boles, D. (2004). Sex differences in spatial ability, a lateralization of function approach. *Brain and Cognition*, 56, 332-343.
- Roberts, J E. & Bell, M. A. (2003). Two and three-dimensional mental rotation tasks lead to different parietal laterality for man and women. *International Journal of Psychophysiology*, 50, 235-246.
- Seurinck, R., Vingerhoets, G., Lange, F. P. & Achten, E. (2004). Does egocentric mental rotation elicit sex differences? *NeuroImage*, 23, 1440-1449.
- Shenton, J. T., Schwoebel, J. & Coslett, H. B. (2004). Mental motor imagery and the body schema, evidence for proprioceptive dominance. *Neuroscience Letters*, 370, 19-24.
- Sisto, F. F., Bueno, J. M. H. & Rueda, F. J. M. (2003). Traços de Personalidade na Infância e Distorção e Integração de Formas, Um Estudo de Validade. *Psicologia em Estudo*, 8(1), 77-84.
- Sisto, F. F.; Santos, A. A. A. & Noronha, A. P. P. (2004). Critério de Integração do Teste de Bender: Explorando Evidências de Validade. *Avaliação Psicológica*, (3)1, 13-20.
- Sisto, F. F., Noronha, A. P. P. & Santos, A. A. A (2005). *Bender - Sistema de Pontuação Gradual B-SPG*. Itatiba, SP, Programa de Pós-graduação Strictu sensu em Psicologia da Universidade São Francisco. Vetor Editora Psicopedagógica Ltda.

- Sirigu, A. & Duhamel, J. R. (2001). Motor and Visual Imagery as Two Complementary but Neurally Dissociable Mental Processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(7), 910-919.
- Sternberg, R. J. (2000). *Psicologia Cognitiva*. (M. R. B. Osório, trad.). Porto Alegre, RS, Artmed.
- Tagaris, G. A., Kim, S., Strupp, J. P., Andersen, P., Uğurbil, K. & Georgopoulos, A. P. (1997). Mental Rotation Studied by Functional Magnetic Resonance Imaging at High Field, Performance and Cortical Activation. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 9(4), 419-432.
- Tomasino, B., Toraldo, A. & Rumiati, R. I. (2003). Dissociation between the mental rotation of visual images and motor images in unilateral brain-damaged patients. *Brain and Cognition*, 51(3), 368-71.
- Ungerleider, L. G., Courtney, S. M. & Haxby, J. V. (1998). A neural system for human visual working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 95, 883-890.
- Wagar, B. M. & Dixon, M. J. (2005). Past experience influences object representation in working memory. *Brain and Cognition* 57, 248–256
- Weiss, E., Siedentopf, C.M., Hofer, A., Deisenhammer, E.A., Hoptman, M.J., Kremser, C., Golaszewski, S., Felber, S., Fleischhacker, W.W. & Delazer, M. (2003). Sex differences in brain activation pattern during a visospatial cognitive task, a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience Letters*, 344, 169-172
- Wexler, M., Kosslyn, S. M. & Berthoz, A. (1998). Motor processes in mental rotation, *Cognition*, 68(1), 77-94.
- Wilson, R. A. & Keil, F. C. (1999). *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. London, England, The MIT Press.
- Windischberger, C., Lamm, C., Bauer, H. & Mosera, E. (2003). Human motor cortex activity during mental rotation. *NeuroImage* 20, 225–232.
- Wraga, M., Thompson, W. L., Alpert, N. M. & Kosslyn, S. M. (2003). Implicit transfer of motor strategies in mental rotation. *Brain and Cognition*, 52(2), 135-43.
- Wolbers, T., Weiller, C. & Büchel, C. (2003). Contralateral Coding of Imagined Body Parts in the Superior Parietal Lobe. *Cortex*, 13(4), 392-399.
- Wood, G. M. O., Carvalho, M. R. S., Rothe-Neves, R. & Haase, V. G. (2001). Validação da bateria de avaliação da memória de trabalho. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14(2), 305-316.]
- Zacks, J., Rypma, B., Gabrieli, J. D. E., Tversky, B. & Glover, G. H. (1999). Imagined transformations of bodies, an fMRI investigation. *Neuropsychologia*, 37, 1029-1040.



## ANEXO 1



## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO - INSTITUIÇÃO

**Projeto de pesquisa:** *Avaliação informatizada de rotação mental em crianças: busca por evidências de validade.*

Eu, \_\_\_\_\_ na função de \_\_\_\_\_ da (o) \_\_\_\_\_, abaixo assinado, dou meu consentimento livre e esclarecido para autorizar o desenvolvimento nesta Instituição do projeto de pesquisa supracitado, sob a responsabilidade do pesquisador Flávia Lopes, aluno do Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu (Mestrado) em psicologia pela Universidade São Francisco – USF, sob a orientação da Dra. Alessandra G. S. Capovilla, orientadora do Programa de Mestrado em Psicologia.

O objetivo é avaliar a habilidade de rotação mental em crianças de primeira a quarta série do ensino fundamental. Os menores responderão a instrumentos para avaliar memória (em que eles verão figuras, devendo lembrar tais figuras algum tempo depois), rotação mental (em que eles verão figuras e deverão selecionar se estas são iguais ou diferentes), maturação perceptomotora (em que eles irão copiar nove figuras em uma folha em branco, sem auxílio mecânico) e inteligência (em que eles escolher dentre as alternativas, colocadas na parte inferior da página, aquela que completa corretamente o desenho). Tal procedimento não apresenta quaisquer riscos conhecidos para o menor, apesar de poderem causar fadiga.

Obtive as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a participação dos alunos na referida pesquisa e estou ciente de que minha autorização e a participação dos alunos são de caráter voluntário, o que nos garante o direito de desistir em qualquer momento do estudo.

Os dados pessoais dos alunos serão mantidos em sigilo e os resultados gerais obtidos através da pesquisa serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho, expostos acima, incluída sua publicação na literatura científica especializada.

Poderei entrar em contato com o responsável pelo estudo – Flávia Lopes ou com Alessandra G. S. Capovilla sempre que julgar necessário através do Telefone: (11) 4451-9518. Para contatar o Comitê de Ética em Pesquisa da USF para apresentar recursos pelo telefone 4034-8355, e poderei obter informações com os responsáveis pela pesquisa pelo telefone 4534-8040.

Este Termo de Consentimento é feito em duas vias, sendo que uma permanecerá em meu poder e outra com o pesquisador responsável.

Flávia Lopes  
Aluna do Programa de Mestrado em Psicologia  
Universidade São Francisco, Itatiba-SP  
Itatiba-SP  
Telefone: (11) 4534.8040

Prof<sup>a</sup> Dra. Alessandra G. S. Capvilla  
Orientadora responsável  
Universidade São Francisco,  
Telefone: (11) 4534.8040

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2004.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável pela Instituição

## ANEXO 2

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO - SUJEITOS**

**Pesquisa:** *Avaliação informatizada de rotação mental em crianças: busca por evidências de validade*

Eu, \_\_\_\_\_  
 R.G. \_\_\_\_\_ nascido em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_, abaixo assinado e responsável pelo menor \_\_\_\_\_, nascido em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_, dou meu consentimento livre e esclarecido para que o mesmo participe como voluntário do projeto de pesquisa supracitado, sob a responsabilidade do pesquisador Flávia Lopes, aluna do Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu (Mestrado) em psicologia pela Universidade São Francisco – USF, sob a orientação da Dra. Alessandra G. S. Capovilla, orientadora do Programa de Mestrado em Psicologia. Assinando este Termo de Consentimento estou ciente de que:

O objetivo é avaliar a habilidade de rotação mental em crianças de primeira a quarta série do ensino fundamental. Os menores responderão a instrumentos para avaliar memória (em que eles verão figuras, devendo lembrar tais figuras algum tempo depois), rotação mental (em que eles verão figuras e deverão selecionar se estas são iguais ou diferentes), maturação perceptomotora (em que eles irão copiar nove figuras em uma folha em branco, sem auxílio mecânico) e inteligência (em que eles escolher dentre as alternativas, colocadas na parte inferior da página, aquela que completa corretamente o desenho). Tal procedimento não apresenta quaisquer riscos conhecidos para o menor, apesar de poderem causar fadiga.

Obtive as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a participação do menor na referida pesquisa e estou ciente de que minha autorização e a participação do menor são de caráter voluntário, o que nos garante o direito de desistir em qualquer momento do estudo.

Os dados pessoais do menor serão mantidos em sigilo e os resultados gerais obtidos através da pesquisa serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho, expostos acima, incluída sua publicação na literatura científica especializada.

Poderei entrar em contato com o responsável pelo estudo – Flávia Lopes ou com Alessandra G. S. Capovilla sempre que julgar necessário através do Telefone: (11) 4451-9518. Para contatar o Comitê de Ética em Pesquisa da USF para apresentar recursos pelo telefone 4034-8355, com a secretaria responsável, e poderei obter informações com os responsáveis pela pesquisa pelo telefone 4534-8040.

Este Termo de Consentimento é feito em duas vias, sendo que uma permanecerá em meu poder e outra com o pesquisador responsável.

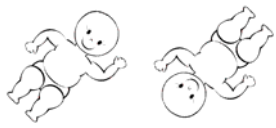
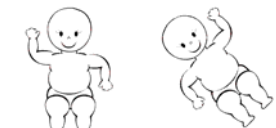
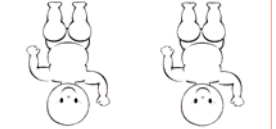





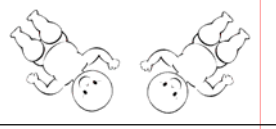



Flávia Lopes  
 Aluna do Programa de Mestrado em Psicologia  
 Universidade São Francisco, Itatiba-SP  
 Itatiba-SP  
 Telefone: (11) 4534.8040


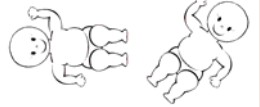

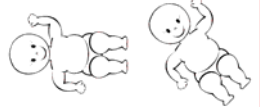










Profª Dra. Alessandra G. S. Capovilla  
 Orientadora responsável  
 Universidade São Francisco,  
 Telefone: (11) 4534.8040

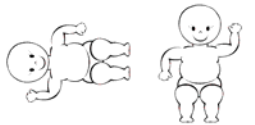

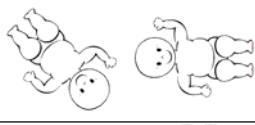

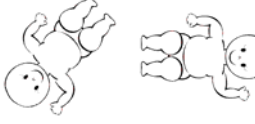
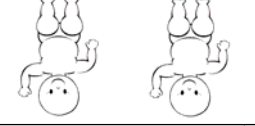

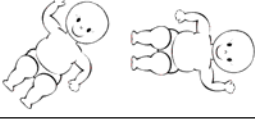


\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2004.

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do Responsável pelo menor

## ANEXO 3

Comparação	Figura 1	Figura 2	Figura 1	Figura 2	Diferença de angulação	Resposta correta
<i>Treino</i>						
T01			2x45	2x225	180°	=
T02			1x0	2x315	315°	≠
T03			1x180	1x180	0°	=
T04			2x315	1x90	135°	≠
<i>Experimento</i>						
001			1x90	1x90	0°	=
002			2x90	1x0	270°	≠
003			2x180	2x270	90°	=
004			2x225	2x180	315°	=
005			1x135	2x225	90°	≠
006			1x45	1x315	270°	=
007			2x180	2x45	225°	=
008			1x0	1x315	315°	=

009		1x90	2x45	315°	≠
010		2x270	1x45	135°	≠
011		2x315	1x0	45°	≠
012		2x270	2x315	45°	=
013		1x90	1x135	45°	=
014		2x315	1x270	315°	≠
015		1x225	2x225	0°	≠
016		2x270	1x180	270°	≠
017		2x225	2x135	270°	=
018		1x315	1x90	135°	=
019		2x0	1x225	225°	≠
020		2x45	1x225	180°	≠
021		2x0	2x135	135°	=
022		1x315	1x45	90°	=

023		1x270	2x0	90°	≠
024		2x180	2x0	180°	=
025		1x135	2x270	135°	≠
026		1x0	1x180	180°	=
027		1x225	2x90	225°	≠
028		2x180	2x180	0°	=
029		1x135	2x315	180°	≠
030		1x45	2x90	45°	≠
031		2x135	1x135	0°	≠
032		1x45	1x270	225°	=

## ANEXO 4

Comitê de Ética em Pesquisa – Ciências Humanas e Exatas – USF



Itatiba, 01 de junho de 2005.

## COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CHE/USF

**Estudo: “Avaliação informatizada de rotação mental em crianças: busca por evidências de validade”**

**Autores:** Profa. Alessandra Gotuzo Seabra Capovilla  
Flávia Lopes

**Protocolo nº. 082/05**

Prezada Profa.,

O CEP/CHE em reunião ordinária realizada no dia 01 de junho 2005, analisou o projeto supra citado, desenvolvido por V. S<sup>a</sup>.. Este Comitê, acatando o parecer do relator indicado, apresenta-lhe o seguinte parecer:

**Parecer: Aprovado**

Atenciosamente,

Prof. Dr. João Roberto Moro  
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa  
Área de Ciências Humanas e Exatas  
Universidade São Francisco