



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE
NEUROCIÊNCIA COMPORTAMENTAL

JULIANA TESSARI DIAS ROHR

**Alterações na Percepção de Ilusões Visuais Geométricas em
Pacientes Portadores de Estrabismo Antes e Após Cirurgia de
Alinhamento Ocular.**

Tese apresentada como requisito
parcial para obtenção do título de Doutor em
Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-
Graduação em Ciências da Saúde da
Universidade de Brasília.

Orientador(a): Maria Clotilde Henriques Tavares

Brasília 2022

JULIANA TESSARI DIAS ROHR

Alterações na Percepção de Ilusões Visuais Geométricas em Pacientes Portadores de Estrabismo Antes e Após Cirurgia de Alinhamento Ocular.

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Aprovado em 07 de Junho de 2022

BANCA EXAMINADORA

Dra Maria Clotilde Henriques Tavares (presidente)

Universidade de Brasília –UnB

Dra Maria Regina Catai Chalita (2º membro)

Universidade de Brasília –UnB

Dra Regina Candido Ribeiro dos Santos (3º membro)

Centro Universitário Unieuro

Dr Keila Miriam Monteiro de Carvalho (4º membro)

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Dr Pérola de Oliveira Magalhães Dias Batista (suplente)

Universidade de Brasília -UnB

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus que me permitiu vivenciar tal experiência e me fortaleceu em toda esta caminhada.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília pela oportunidade de realização do presente estudo e contribuição na minha formação profissional.

À querida professora e orientadora Doutora Maria Clotilde Henriques Tavares por sua confiança, orientações, compreensão e dedicação. Muito obrigada por sua sincera amizade.

Ao Hospital Regional da Asa Norte que possibilitou o acesso aos pacientes participantes do estudo e pela cessão dos equipamentos oftalmológicos e espaço físico para realização da presente pesquisa.

As escolas parceiras pela confiança e cessão do espaço físico para realização dos exames dos participantes.

Aos professores da Banca de Qualificação, professor Doutor Valdir Filgueiras Pessoa, professora Doutora Maria Regina Catai Chalita, professor Doutor Rui de Moraes Júnior e professor Doutor Pedro Sadi Monteiro, pelas considerações e importantes contribuições para o trabalho.

Ao estimado professor Doutor Adriano Lima pelo auxílio na análise estatística dos resultados e por sua paciência.

À querida amiga e pesquisadora Doutora Ana Garcia, pelo preparo e auxílio na aquisição dos dados com o Software utilizado para teste da percepção visual ilusória. Sua dedicação, presteza e amizade não têm preço.

Ao ilustre professor Doutor Cassiano Rodrigues Isaac pela revisão do material da Tese e auxílio na construção do artigo científico. Minha profunda admiração e respeito.

Ao estimado professor Doutor Procópio Miguel dos Santos pelo incentivo e ajuda na escolha da Neurociência.

A minha amada família, em especial à minha mãe por suas orações e pensamentos positivos.

Ao meu esposo e meus filhos Douglas e Pietra pela paciência e apoio durante os momentos de dedicação a este trabalho. O desafio foi grande, mas vocês sempre estiveram ao meu lado.

Finalmente, agradeço aos pais e pacientes que depositaram sua confiança em minhas mãos e permitiram que essa pesquisa pudesse ser concretizada. Vocês são o real motivo para a realização deste trabalho.

“ Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

O processamento neural do sistema visual tem sido amplamente investigado por meio da percepção visual ilusória. Em pacientes portadores de estrabismo e ambliopia verificam-se distúrbios no processamento visual como alterações nos movimentos sacádicos e de estabilidade ocular além de déficits na percepção de cenas. O objetivo deste estudo foi examinar como ocorre a percepção visual a três tipos de ilusões geométricas (Vertical-Horizontal, Müller Lyer versão Brentano e Ponzo) em pacientes estrábicos com indicação cirúrgica e suas potenciais alterações após o alinhamento ocular pós-operatório. A resposta comportamental as ilusões geométricas e a respectivos estímulos neutros (imagens não ilusórias) quanto à estimativa do tamanho da imagem e tempo de resposta foram medidos pelo Método do Ajuste. O presente trabalho foi dividido em duas partes. Na análise transversal foram avaliados 45 participantes com estrabismo (27 do sexo masculino, 60%, média $11,96 \pm 1,65$ anos) e 62 voluntários saudáveis (38 do sexo feminino, 61%, média $10,89 \pm 1,05$ anos) de 10 a 15 anos. Para analisar a influência de fatores secundários: tipo de desvio ocular (convergente, divergente ou associado ao desvio vertical); magnitude do desvio ocular; presença de ambliopia e estereopsia, foi realizada ANOVA unidirecional. Entre as ilusões testadas, as crianças com estrabismo apresentaram maior suscetibilidade ($p = 0,006$) e tempo de resposta ($p = 0,004$) às imagens ilusórias de Ponzo. Estrábicos com estereopsia preservada, por outro lado, apresentaram suscetibilidade e tempo de resposta semelhantes aos pacientes do grupo controle à ilusão de Ponzo ($p < 0,005$). Pacientes amblíopes demonstraram hipercorreção na estimativa de imagens não ilusórias de Ponzo ($p = 0,046$). Crianças com desvio ocular horizontal (esotropia ou exotropia) associado ao desvio vertical (hipertropia, DVD e/ou anisotropia alfabética) apresentaram maior suscetibilidade às imagens de ajuste vertical para a ilusão de Brentano ($p = 0,017$). Indivíduos com estrabismo tenderam a hiper corrigir o comprimento do segmento de reta ajustado para imagens não ilusórias de Brentano ($p = 0,009$), assim como para as imagens neutras no teste Vertical-Horizontal ($p = 0,000$). Vinte e dois pacientes (12 do sexo masculino, 54,54%, média $12,27 \pm 1,51$ anos) participaram do Ensaio Clínico sendo avaliados nos quatro tempos de seguimento (pré-operatório, pós-operatórios 1, 2 e 3). A análise de ANOVA Bidirecional evidenciou diminuição da magnitude ($p = 0,010$) e do tempo de resposta ($p\text{-valor} = 0,026$) para a percepção ilusória de Ponzo de ajuste horizontal nos pacientes

em que se obteve sucesso no alinhamento ocular pós-cirúrgico. Na análise univariada do seguimento clínico longitudinal a suscetibilidade (p-valor= 0,031 no pré-operatório, p-valor=0,016 no pós-operatório 2) e o tempo de resposta (p-valor= 0,016 no pré-operatório, p-valor=0,037 no pós-operatório 2) para imagens ilusórias de Ponzo esteve diretamente relacionada a presença de estereopsia. Não houve diferença estatística na mensuração do tamanho da imagem e no tempo de resposta para os testes de Brentano e Vertical-Horizontal no seguimento clínico longitudinal.

Palavras-chave: ilusões visuais, crianças, ambliopia, cirurgia de estrabismo, percepção visual.

ABSTRACT

The neural processing of the visual system has been extensively investigated through illusory visual perception. In patients with strabismus and amblyopia, disturbances in visual processing are observed, such as changes in saccadic movements and ocular stability, in addition to deficits in the perception of scenes. The aim of this study was to examine how the visual perception of three types of geometric illusions (Vertical-Horizontal, Müller Lyer Brentano and Ponzo versions) occurs in strabismic patients with surgical indication and their potential changes after postoperative ocular alignment. The behavioral response to geometric illusions and respective neutral stimuli (non-illusory images) regarding the estimation of image size and response time were measured by the Fit Method. This work was divided into two parts. In the cross-sectional analysis, 45 participants with strabismus (27 males, 60%, mean 11.96 ± 1.65 years) and 62 healthy volunteers (38 females, 61%, mean 10.89 ± 1.05 years) from 10 to 15 years were evaluated. To analyze the influence of secondary factors: type of ocular deviation (converging, divergent or associated with vertical deviation); magnitude of ocular deviation; presence of amblyopia and stereopsis, one-way ANOVA was performed. Among the illusions tested, children with strabismus showed greater susceptibility ($p = 0.006$) and response time ($p = 0.004$) to Ponzo's illusory images. Cross-hairs with preserved stereopsis, on the other hand, had similar susceptibility and response time to Ponzo illusion patients in the control group ($p < 0.005$). Amblyopic patients demonstrated overcorrection in estimating non-illusory Ponzo images ($p = 0.046$). Children with horizontal ocular deviation (esotropia or exotropia) associated with vertical deviation (hypertropia, DVD and/or alphabetic anisotropy) were more susceptible to vertical adjustment images for the Brentano illusion ($p = 0.017$). Individuals with strabismus tended to overcorrect the adjusted line segment length for non-illusory Brentano images ($p = 0.009$), as well as for neutral images in the Vertical-Horizontal test ($p = 0.000$). Twenty-two patients (12 males, 54.54%, mean 12.27 ± 1.51 years) participated in the Clinical Trial and were evaluated at the four follow-up times (preoperative, postoperative 1, 2 and 3). Two-way ANOVA analysis showed a decrease in magnitude ($p = 0.010$) and response time ($p\text{-value} = 0.026$) for the illusory perception of horizontal adjustment Ponzo in patients who were successful in postoperative ocular alignment. In the univariate analysis of the longitudinal clinical follow-up, the susceptibility ($p\text{-value} = 0.031$ in the preoperative period, $p\text{-value} = 0.016$ in the postoperative period 2) and the response time ($p\text{-value} =$

0.016 in the preoperative period, p-value =0.037 in the postoperative period 2) for illusory Ponzo images was directly related to the presence of stereopsis. There was no statistical difference in the measurement of image size and response time for the Brentano and Vertical-Horizontal tests in the longitudinal clinical follow-up.

Keywords: visual illusions, children, amblyopia, strabismus surgery, visual perception.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Organização das estruturas cerebrais envolvidas no controle dos movimentos oculares, especialmente sacadas. Fonte: Coubard OA, Urbanski M, Bouron C, Gaumet M. Educating the blind brain: A panorama of neural bases of vision and of training programs in organic neurovisual deficits. *Front Integr Neurosci.* 2014;8(DEC):1–13. (15). Legenda: NGL: núcleo geniculado lateral, CPP: córtex parietal posterior, CSV: campo suplementar visual, COF: campo ocular frontal, CPFDL: córtex pré-frontal dorso lateral, NC: núcleo caudado, SNpr: substância nigra da pars reticulaxa, CSs: colículo superior (camada superior), CSi: colículo superior (camada intermediária), NOP: neurônio omnipause, NV: neurônio vestibular, ROC: resposta opto-cinética, RVO: reflexo vestibulo-ocular . 32
- Figura 2 - Vista inferior do cérebro evidenciando as cinco vias visuais principais. Fonte: Coubard OA, Urbanski M, Bourlon C, Gaumet M. Educating the blind brain: A panorama of neural bases of vision and of training programs in organic neurovisual deficits. *Front Integr Neurosci.* 2014;8(DEC):1–13.(15) 33
- Figura 3 - Localização das áreas corticais visuais. Legenda: (A) e (C) áreas visuais corticais definidas pela RNMf. (B) e (D) áreas corticais visuais de acordo com Brodmann. Fonte: Tootell RBH, Hadjikhani NK, Mendola JD, Marrett S, Dale AM. From retinotopy to recognition: fMRI in human visual cortex. *Trends Cogn Sci.* 1998;2(5):174–83 37
- Figura 4 - Padrão que produz pós-imagem. Wade NJ. How Were Eye Movements Recorded Before Yarbus? *Perception.* 2015;44(8–9):851–83 41
- Figura 5 - Exemplos de ilusões geométricas clássicas. Legenda: (a) Müller-Lyer (b) Variante de Müller-Lyer, (c) Judd (d) Pegrassi (e) paralelograma de Sander's (f) Delboeuf (g) Poggendorff (h) Helmholtz' (i) Opper-Kundt (j) Ebbinghaus ou Titchener (k) variante híbrida de Ninio (j) and (n), (l) variante de biseção. (m) Zöllner. (n) variante de Ponzo (o) Hering (p) variante de Ehrenstein e Orbison. Fonte: Ninio J. Geometrical illusions are not always where you think they are: A review of some classical and less classical

illusions, and ways to describe them. Front Hum Neurosci. 2014;8(October):1–21. (8).....	42
Figura 6 - Ilusão Vertical-horizontal. Fonte: autora	46
Figura 7 - Versão Brentano da ilusão de Müller-Lyer. Fonte: autora.....	48
Figura 8 - Ilusão de Ponzo em linhas. Fonte: autora	49
Figura 9 - Desenvolvimento visual normal em humanos e tempo de ocorrência do estrabismo. Fonte: Bui Quoc E, Milleret C. Origins of strabismus and loss of binocular vision. Front Integr Neurosci. 2014;8(SEP):1–19. (24).....	57
Figura 10 - Fluxograma de seleção dos participantes da pesquisa	85
Figura 11 - Especificações físicas dos estímulos apresentados. Legenda: V, ilusão Vertical-Horizontal; NV, Imagem neutra (não-ilusória) Vertical-Horizontal; B, Ilusão de Brentano; NB, imagem neutra de Brentano; P, ilusão de Ponzo; NP, imagem neutra de Ponzo	95
Figura 12 - Ordem de apresentação das imagens nos três Blocos de figuras testadas e número de figuras em cada Bloco.....	102
Figura 13 - Protocolo de Sessões	103
Figura 14 - Distribuição quanto à idade e sexo dos sujeitos portadores de estrabismo. Legenda: F = Feminino; M = Masculino.	112
Figura 15 - Classificação do tipo de estrabismo. Legenda: ET NA= Esotropia adquirida não acomodativa; X(T) = Exotropia intermitente; ET A = Esotropia acomodativa; ET I = Esotropia Infantil; XT = Exotropia Básica; HT = Hipertropia.	113
Figura 16 - Tipo de desvio vertical associado a desvio horizontal. Legenda: “A”= anisotropia alfabética em A; “V”= anisotropia alfabética em V ; DVD= desvio vertical dissociado.....	114
Figura 17 - Associação de desvio vertical e horizontal considerando-se a classificação do estrabismo. Legenda: ET NA= Esotropia adquirida não acomodativa; X(T) = Exotropia intermitente; ET A = Esotropia	

acomodativa; ET I = Esotropia Infantil; XT = Exotropia Básica; HT = Hipertropia.	114
Figura 18 - Verificação da presença de ambliopia e classificação do tipo de desvio ocular pré-operatório.....	115
Figura 19 - Fluxograma de seguimento clínico e pós cirúrgico no Grupo Casos ...	116
Figura 20 - Relação da associação de desvio horizontal e vertical nos pacientes onde não se obteve sucesso cirúrgico considerando o tipo de desvio pré-operatório. Legenda: SDVA= Sem Desvio Vertical associado (desvio somente horizontal); DV = desvio vertical (Hipertropia ou Hipotropia); AA = Anisotropia Alfabética; DVD = Desvio Vertical Dissociado.	117
Figura 21 - Comparação percentual do valor da estereopsia nos tempos pré e pós-operatório final.	121
Figura 22 - Classificação pré-operatória do estrabismo e valor da estereopsia final. legenda: ET NA= Esotropia adquirida não acomodativa; X(T) = Exotropia intermitente; ET A = Esotropia acomodativa; ET I = Esotropia Infantil; XT = Exotropia Básica; HT = Hipertropia.	122
Figura 23 - Verificação do sucesso cirúrgico e estereopsia pós-operatória.	123
Figura 24 - Distribuição quanto à idade e ao sexo no grupo controle. Legenda: F = Feminino; M = Masculino	124
Figura 25 - Estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) entre os Grupos Casos (n 45) versus Controle (n 62) no teste de Ponzo. H.A., imagens de ajuste horizontal; V.A., imagens de Ajuste Vertical; * valor de p 0,030; **valor p 0,0037, *** valor p 0,006; **** valor p 0,005. As barras de erro mostradas representam o Erro Padrão.....	127
Figura 26 - Tempo de resposta (em segundos) para ajustar a imagem entre os Casos (n 45) versus o Grupo Controle (n 62) no teste de Ponzo. H.A., imagens de Ajuste Horizontal; V.A., imagens de Ajuste Vertical; * p-valor 0,007, **p-valor 0,008; ***p-valor 0,004. As barras de erro representam o Erro Padrão.	130

- Figura 27 - Influência da estereopsia na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) ao teste de Ponzo entre os Grupos: Participantes com estrabismo e estereopsia preservada (n 8), Participantes com estrabismo sem estereopsia (n 37) e grupo Controle (n 62). H.A., imagens de ajuste horizontal; V.A., imagens de Ajuste Vertical; Teste Ponzo: * p-valor 0,007 (Tukey Post-Hoc p-valor = 0,005). Barras representam o Erro padrão. 132
- Figura 28 - Influência da estereopsia no tempo de resposta (em segundos) no teste de Ponzo entre os Grupos: Pacientes com estrabismo e Estereopsia preservada (n 8), Paciente com estrabismo sem estereopsia (n 37) e grupo Controle (n 62). A.H.,Imagens de Ajuste Horizontal; A.V.,Imagens de Ajuste Vertical; Ilusões de A.H., p valor 0.023* (Tukey Pos-Hoc p valor 0.018); Imagens Neutras de A.V., p valor 0.037** (Games-Howeel 0.022); Ilusões de A.V., p valor 0.028*** (TurkeyPos-Hoc 0.024). As Barras representam o Erro Padrão..... 138
- Figura 29 - Influência da presença de Ambliopia na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) no teste de Ponzo para os pacientes do Grupo Casos (estrábicos) com (n 8) e sem (n 37) ambliopia. A.H.,Imagens de Ajuste Horizontal; A.V.,Imagens de Ajuste Vertical, p-value = 0,005 *, p-value 0,046**. As Barras representam o Erro Padrão..... 142
- Figura 30 - Influência da presença de estrabismo com desvio vertical associada a desvio horizontal na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) para o Teste de Brentano no Grupo Casos (estrabismo) entre os pacientes com estrabismo e desvio vertical associado (n 26) versus estrábicos sem desvio vertical associado (n 19).H.A.; Imagens de Ajuste Horizontal; A.V.,Imagens de Ajuste Vertical, * p-valor 0,007 , **p-valor 0,015, ***p-valor 0,016. As Barras representam o Erro Padrão..... 146
- Figura 31 - Suscetibilidade (mm) a Imagens de Ajuste Horizontal considerando-se o Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal e o Sucesso Cirúrgico (n total 22) . Legenda: *p-valor 0,010..... 151
- Figura 32 - Análise Bidirecional Mista da Influência da Estereopsia final sobre a suscetibilidade (mm) a imagens de ajuste horizontal no Teste de Ponzo considerando os Tempos de Seguimento Clínico pré-operatório e pós-

operatório 3 entre os pacientes com estereopsia preservada (n 17) e estereopsia ausente (n 12)..... 163

Figura 33 - Análise Univariada da influência da Estereopsia sobre a suscetibilidade (mm) a imagens ilusórias de ajuste horizontal de Ponzo. *p-valor 0,031 ; ** p-valor 0,016, entre os pacientes do grupo Controle (n 62); Pré-operatório: pacientes com estereopsia presente (n 10) e com estereopsia Ausente (n 45); Pós-operatório 1: pacientes com estereopsia presente (n 11), estereopsia Ausente (n 28); Pós-operatório 2: pacientes com estereopsia presente (n 12), estereopsia ausente (n 22); Pós-operatório 3: pacientes com estereopsia presente (n 17), estereopsia ausente (n 12); 165

Figura 34 - Tempo de resposta (em segundos) a Imagens de Ajuste Horizontal para o Teste de Ponzo considerando o Tempo de Seguimento Longitudinal e o Sucesso cirúrgico entre pacientes que obtiveram sucesso cirúrgico (n 17) e não obtiveram sucesso cirúrgico (n 5), (n total 22) . Legenda: * p-valor 0,026; ** p-valor 0,026; *** p-valor 0,004..... 182

Figura 35 - Influência da Estereopsia sobre o tempo de resposta (em segundos) no Teste de Ponzo considerando-se o Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal pré e pós-operatório 3. *p-valor = 0,009; **p-valor = 0,002. 193

Figura 36 - Análise Univariada da influência da Estereopsia sobre o tempo de resposta a imagens ilusórias de ajuste horizontal de Ponzo. *p-valor 0,016 ; ** p-valor 0,037; *** p-valor 0,036. Controle (n 62); Pré-operatório: Estereopsia presente (n 10), Estereopsia Ausente (n 45); Pós-operatório 1: Estereopsia presente (n 11), Estereopsia Ausente (n 28); Pós-operatório 2: Estereopsia presente (n 12), Estereopsia Ausente (n 22); Pós-operatório 3: Estereopsia presente (n 17), Estereopsia Ausente (n 12); 195

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características funcionais de áreas cerebrais do córtex visual. Adaptado de : Milleret C, Bui Quoc E. Beyond rehabilitation of acuity, ocular alignment, and binocularity in infantile strabismus. Front Syst Neurosci. 2018;12(July) (18).....	35
Tabela 2 - Critérios Diagnósticos dos Estrabismos. Fonte: Rohr JTD, Isaac CR, Correia CS. “Epidemiology of strabismus surgery in a public hospital of the Brazilian Federal District” [Revista Brasileira de Oftalmologia, 76, 5, Setembro/Outubro, (2017), (250-254)] DOI 10.5935/0034-7280.20170052. Rev Bras Oftalmol. 2017;76(6) (88)	59
Tabela 3 - Diferença das médias e desvio padrão para o teste de Ponzo	89
Tabela 4 - Determinação do cálculo amostral.....	90
Tabela 5 - Especificações físicas dos estímulos visuais apresentados.....	93
Tabela 6 - Características clínicas dos sujeitos com estrabismo.	109
Tabela 7 - Características do estrabismo e estereopsia na evolução pós-operatória dos pacientes submetidos à cirurgia de estrabismo.	119
Tabela 8 - Estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) e tempo de resposta (em segundos) para ajuste da imagem entre pacientes com Estrabismo (Grupo Casos n 45) versus Grupo Controle (n 62).....	128
Tabela 9 - Influência da estereopsia na estimativa do tamanho da imagem (mm) e tempo de resposta (em segundos) entre os Grupo: Controle (n 62), Estrábicos com estereopsia preservada (n 8) e Estrábicos sem estereopsia preservada (n 37)	133
Tabela 10 - Teste Tukey Pos-Hoc para influência da estereopsia na estimativa do tamanho da imagem entre os Grupos: Controle, Pacientes estrábicos com Estereopsia Preservada e Pacientes Estrábicos sem estereopsia.	135
Tabela 11 - Teste Post-Hoc para influência da estereopsia no tempo de resposta (em segundos) entre os Grupos: Controle, Paciente estrábicos com	

estereopsia Preservada e Pacientes Estrábicos sem Estereopsia Preservada..... 139

Tabela 12 - Influência da presença de Ambliopia na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) e tempo de resposta (em segundos) entre os Grupos: Estrábicos com ambliopia (n 8) versus estrábicos não ambliópes (n 37). 143

Tabela 13 - Influência da presença de desvio vertical associado a estrabismo horizontal na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) e o no tempo de resposta (em segundos) entre os Grupos: Estrabismo com desvio vertical associado (n 26) e Estrabismo sem desvio vertical associado (n 19). 147

Tabela 14 - Influência do tempo de seguimento clínico e do sucesso cirúrgico na suscetibilidade (em milímetros) ao Teste de Ponzo entre os pacientes submetidos à cirurgia nos quais se obteve sucesso (n 17) e não se obteve sucesso (n 5) no alinhamento ocular e que realizaram as quatro sessões de seguimento clínico longitudinal (n total 22)..... 152

Tabela 15 - Influência do Sucesso Cirúrgico entre pacientes em que não se obteve sucesso (n 5) e se obteve sucesso no alinhamento ocular (n 17), sobre a suscetibilidade (em milímetros), independentemente do Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal, considerando-se os pacientes que realizaram as quatro sessões de acompanhamento clínico longitudinal para o Teste de Ponzo (n total 22). *p-valor pelo Método de Comparação de Pairwise. 155

Tabela 16 - Influência do Tempo de Seguimento Clínico sobre a suscetibilidade (em milímetros), independentemente do Sucesso Cirúrgico, considerando-se os pacientes que realizaram as quatro sessões de acompanhamento clínico longitudinal para o Teste de Ponzo (n total 22). 156

Tabela 17 - Análise Univariada da influência do Sucesso na Suscetibilidade ao Teste de Ponzo comparando pacientes estrábicos em que se obteve sucesso cirúrgico com estrábicos em que não se obteve sucesso e pacientes do Grupo Controle (n 62) nos diferentes Tempos de Seguimento Clínico. 159

Tabela 18 - Influência da Estereopsia sobre a Suscetibilidade (em milímetros) considerando-se os seguimentos clínicos pré e pós-operatório 3 (n = 29) entre os subgrupos estrábicos com estereopsia final presente (n 17) e ausente (n 12).....	162
Tabela 19 - Análise Univariada da influência da Estereopsia na Suscetibilidade ao Teste de Ponzo comparando-se pacientes estrábicos em que se obteve sucesso cirúrgico com estrábicos em que não se obteve sucesso e pacientes do Grupo Controle (n 62) nos diferentes Tempos de Seguimento Clínico.....	166
Tabela 20 - Influência do tempo de seguimento clínico e do sucesso cirúrgico na suscetibilidade (em milímetros) ao Teste de Brentano entre os pacientes submetidos à cirurgia nos quais se obteve sucesso (n 17) e não se obteve sucesso (n 5) no alinhamento ocular e que realizaram as quatro sessões de seguimento clínico longitudinal (n total 22).....	170
Tabela 21 - Análise Univariada da influência do Sucesso na Suscetibilidade ao Teste de Brentano comparando pacientes estrábicos em que se obteve sucesso cirúrgico com estrábicos em que não se obteve sucesso e pacientes do Grupo Controle (n 62) nos diferentes Tempos de Seguimento Clínico.	173
Tabela 22 - Influência do tempo de seguimento clínico e do sucesso cirúrgico na suscetibilidade (em milímetros) ao Teste Vertical-Horizontal entre os pacientes submetidos à cirurgia nos quais se obteve sucesso (n 17) e não se obteve sucesso (n 5) no alinhamento ocular e que realizaram as quatro sessões de seguimento clínico longitudinal (n total 22).....	176
Tabela 23 - Análise Univariada da influência do Sucesso na Suscetibilidade ao Teste Vertical-Horizontal comparando pacientes estrábicos em que se obteve sucesso no alinhamento ocular com o subgrupo insucesso e os pacientes do grupo Controle.	179
Tabela 24 - Influência do Tempo de Seguimento clínico e Sucesso Cirúrgico sobre o tempo de resposta à imagem ajustável (em segundos) para o teste de Ponzo, entre os pacientes que realizaram as 4 sessões de seguimento longitudinal (n total 22).....	183

Tabela 25 - Influência do Sucesso Cirúrgico sobre o tempo de resposta (em segundos), independentemente do Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal, ao Teste de Ponzo (n 22).....	186
Tabela 26 - Influência do Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal sobre o tempo de resposta (em segundos), independentemente do Sucesso Cirúrgico, ao Teste de Ponzo (n 22).....	187
Tabela 27 - Ajustamento para diversas comparações de Bonferroni para considerando-se somente a influência do Tempo de Seguimento Clínico no tempo de resposta para ajuste das Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal.....	189
Tabela 28 - Influência da Estereopsia sobre o tempo de resposta (em segundos) no Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal entre os pacientes que realizaram as sessões pré-operatória e pós-operatória 3. *ANOVA mista de duas vias.....	191
Tabela 29 - Análise Univariada da influência da Estereopsia no tempo de resposta (em segundos) ao Teste de Ponzo comparando pacientes estrábicos com estereopsia preservada, sem estereopsia preservada e o grupo Controle (n 62) nos diferentes tempos de seguimento clínico longitudinal.....	196
Tabela 30 - Influência do Tempo de Seguimento clínico e Sucesso Cirúrgico sobre o tempo de resposta a imagem ajustável (em segundos) para o teste de Brentano, entre os pacientes que realizaram as 4 sessões de seguimento longitudinal (n total 22).....	200
Tabela 31 - Influência do Tempo de Seguimento clínico e Sucesso Cirúrgico sobre o tempo de resposta a imagem ajustável (em segundos) para o teste Vertical-Horizontal, entre os pacientes que realizaram as quatro sessões de seguimento longitudinal (n total 22).....	203

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACO: área cinética occipital

COF: campo ocular frontal

COL: córtex occipital lateral

COP: campo ocular parietal

COS: campo ocular suplementar

CPDL: córtex pré-frontal dorsolateral

CPH: córtex para-hipocampal

CPP: córtex parietal posterior

CR: córtex retrosplenial

CS: colículo superior

FRmed: formação reticular medular

FRPP: formação reticular pontina paramediana

NH: núcleo do hipoglosso

NOP: neurônios omnipause

NRFLM: núcleo intersticial rostral do fascículo longitudinal medial

NVM: núcleo vestibular medial

RNM: Ressonância Nuclear Magnética

RNMf: Ressonância Nuclear Magnética funcional

SNPr: substância nigra na pars reticulata

SO: sulco occipital

SOA: sistema óptico acessório

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	25
	1.1 A PERCEPÇÃO VISUAL.....	28
	1.1.1 Aquisição da Informação Visual - A Importância dos Movimentos Oculares para a Percepção Visual.....	29
	1.1.2 Mapeamento Das Áreas Cerebrais Engajadas Na Percepção Visual	32
	1.2 ILUSÕES VISUAIS E PERCEPÇÃO VISUAL ILUSÓRIA.....	39
	1.2.1 Ilusões Geométricas ou Ilusões de Ângulo	45
	1.2.2 A Importância do Estudo das Ilusões Visuais	54
	1.3.0 ESTRABISMO - COMPROMETIMENTOS VISUAIS, FUNCIONAIS E ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS CORRESPONDENTES	56
	1.3.1 Benefícios Funcionais, Sensoriais e Motores Após a Cirurgia de Estrabismo.....	67
2	OBJETIVOS.....	78
	2.1 OBJETIVO GERAL	78
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	78
3	MÉTODOS.....	79
	3.1 ASPECTOS ÉTICOS	79
	3.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO.....	79
	3.3 LOCAL.....	80
	3.4 AMOSTRA	80
	3.5 SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES	81
	3.5.1 Critérios de Inclusão para os Pacientes do Grupo Casos ...	81
	3.5.2 Critérios de Inclusão para os Pacientes do Grupo Controle	83
	3.5.3 Critérios de Exclusão	84
	3.6 DISTRIBUIÇÃO DOS SUJEITOS NOS GRUPOS AMOSTRAIS.....	84

3.7	ESTUDO PILOTO	86
3.7.1	Faixa Etária	87
3.7.2	Tempo de duração do teste e número de repetições de cada figura ilusória	88
3.8	DETERMINAÇÃO DO CÁLCULO AMOSTRAL.....	89
3.9	EQUIPAMENTOS E SOFTWARES.....	90
3.9.1	Elementos Ajustáveis nas Figuras Apresentadas (Método do Ajuste) 91	
3.10	PROCEDIMENTO.....	98
3.10.1	Avaliação Oftalmológica	98
3.10.2	Avaliação da Percepção Visual Ilusória	101
3.10.3	Protocolo de Sessões	102
3.11	ANÁLISE DE DADOS	105
4	RESULTADOS.....	108
4.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA.....	108
4.1.1	Grupo Casos	108
4.1.2	Grupo Controle	124
4.2	AVALIAÇÃO VISUAL FUNCIONAL.....	125
4.2.1	Estudo Transversal: Análise comparativa entre os grupos Casos e Controle	125
4.2.2	Estudo longitudinal: Ensaio Clínico Observacional Controlado Não-randomizado	150
4.2.3	Relatório Comportamental (Diário de Campo)	205
5	DISCUSSÃO	206
6	CONCLUSÃO	222
7	REFERÊNCIAS.....	224
	APÊNDICE 1 . TCLE.....	238
	APÊNDICE 2. TALE	241
	APÊNDICE 3. TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA FILMAGEM/ FOTOGRAFIA...	243

APÊNDICE 4. ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS	244
ANEXO 1. Parecer CEP	258

APRESENTAÇÃO

Minha caminhada na Neurociência é recente. Entretanto, desde a graduação sempre estive envolvida com pesquisas acadêmicas. Durante a residência em Oftalmologia me encantei pela Oftalmopediatria e Estrabismo, fiz meu *fellow* no Hospital Regional da Asa Norte (HRAN) e Mestrado em Ciências da Saúde pela Universidade de Brasília (UnB), com enfoque na saúde ocular infantil. Atualmente, faço parte do corpo clínico do Hospital de Base do Distrito Federal, e tenho a oportunidade de trabalhar com minhas duas grandes paixões: a Oftalmopediatria/Estrabismo e à docência, como preceptora do Programa de Residência Médica em Oftalmologia.

Na busca pelo aprimoramento profissional, fui apresentada à professora Clotilde que me fez conhecer o novo mundo da Neurociência. Seu trabalho com ilusões visuais me mostrou novas perspectivas que, associadas à minha prática clínica, despertaram a inquietação para desenvolver a presente pesquisa. As ilusões visuais tornaram-se então um tópico de grande interesse para mim, diante das inúmeras possibilidades de exploração da funcionalidade visual. Escrevi um projeto de pesquisa e o apresentei a professora Clotilde que, em 2018, aceitou o desafio de orientar-me nessa caminhada.

Esse trabalho é fruto de muito esforço e resultou em grande aprendizado pessoal e profissional. A cada nova etapa enfrentamos muitos desafios, e o maior deles foi, certamente, o contexto da pandemia mundial de COVID-19 durante a realização do presente estudo. Nossa população alvo envolvia estudantes de escolas públicas e pacientes estrábicos atendidos no HRAN com indicação cirúrgica de correção de estrabismo. A nova realidade da pandemia impactou na captação de voluntários. Durante todo o ano de 2020 e 2021 as escolas do setor público não retornaram à suas atividades rotineiras presenciais e se encontraram com aulas em modo remoto, o que dificultou a coleta do número total de indivíduos estipulado inicialmente para composição do Grupo Controle.

Por outro lado, a assistência de saúde nos hospitais ficou sobremodo direcionada para atendimento de pacientes COVID-19. Durante o ano de 2020 e até o presente momento o HRAN, sede de nossa pesquisa, permaneceu como hospital referência da rede pública no atendimento em saúde para diagnóstico, tratamento, internação e acompanhamento de indivíduos suspeitos e com COVID-19. Tal fato

atrasou a realização de cirurgias eletivas (na qual se enquadra a cirurgia de estrabismo, objeto de parte dos pacientes deste estudo) e comprometeu parte do seguimento pós-operatório planejado. Além disso, pacientes já operados apresentavam receio em comparecer ao hospital a fim de realizar as sessões pós-operatórias estabelecidas no protocolo de testes das ilusões visuais, o que ocasionou perdas no seguimento amostral.

Entretanto, mesmo diante de tais adversidades, foi possível realizar a coleta de um número substancial de voluntários e os resultados apresentados nessa tese demonstram que há diferença significativa na percepção visual ilusória entre os pacientes estrábicos, cumprindo a investigação de seu principal objetivo.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da neurociência da visão, a percepção ilusória tem se mostrado útil para investigar o processamento neural em diversos estudos comportamentais. O estudo da percepção visual ilusória é considerado um marco inicial para a investigação de características neurobiológicas do sistema visual (1), na medida em que a sua avaliação é uma forma eficiente e não-invasiva de analisar como o cérebro processa o estímulo visual (2)(3). As ilusões visuais são formadas pelas diferenças entre a percepção consensual de uma figura e suas características físicas reais (4). Existem numerosos tipos de ilusões visuais, que podem ser categorizadas como: ilusões de aparência, de brilho, de cor, de tamanho e de movimento (1)(5)(6).

Uma das classes mais antigas de ilusões visuais são os estímulos visuais ilusórios geométricos, em que a percepção subjetiva conduz o indivíduo constantemente ao julgamento errôneo do objeto em relação às propriedades físicas do estímulo visual apresentado (7). Aspectos métricos (contraste, assimilação, encolhimento, expansão, atração e paralelos), princípios relativos à orientação (regressão aos ângulos retos, expansão ortogonal) que envolvem a ideia da teoria de escala de constância de tamanho mal aplicada, e os efeitos Gestalt são explicações propostas para a suscetibilidade a essas ilusões (8)(7).

De acordo com o movimento Gestalt (do alemão “forma”) nossa interpretação da cena visual não se restringe a simples soma de partes, mas advém da interpretação de um todo, onde pequenas peças espalhadas se juntam a representações internas do que vemos. Entende-se que o cérebro está constantemente tentando organizar e significar nossa visão do mundo, de tal modo a determinar emoções, pensamentos e ações (9). Por isso, dentro da pesquisa clínica o estudo das funções visuais através de imagens ilusórias tem grande relevância na compreensão do processamento métrico da imagem, a medida que revela como situações de conflito perceptual são solucionadas e significadas pelo cérebro (10)(11)(12)(13)(14).

De modo geral, processos mais elementares como acuidade visual, sensibilidade ao contraste, percepção do campo visual, profundidade, movimento ou percepção espacial, e ações complexas (identificação de face e emoções, objetos, percepção de cenas, processamento de linguagem escrita, interação ação-percepção etc.) fazem parte das funções visuais (15). O processamento visual codifica as imagens percebidas por cada olho, estímulos de onda de espectro visível ativam os fotorreceptores na retina transformando-os em sinais químicos que, por sua vez, são convertidos em sinais elétricos transmitidos ao córtex visual através das vias visuais aferentes. O processamento visual se inicia através da percepção da imagem realizada pelos dois olhos simultaneamente, e dessa percepção, gera-se a visão (16).

Em bebês e crianças, o sistema visual está em formação, e é necessária a mesma estimulação em ambos os olhos para uma percepção visual perfeita, ou seja, todo o mecanismo sensorial e perceptivo deve atuar sinergicamente com o sistema motor (17)(18). Porém, para cerca de 2 – 3 % da população, observa-se a ocorrência de desalinhamento ocular, denominado de estrabismo que compromete as funções visuais (18)(19).

O estrabismo apresenta maior prevalência em crianças e pode ser classificado em vários grupos sendo, em nosso meio, a esotropia (desvio ocular convergente) o tipo mais comum, até cinco vezes mais frequente do que a exotropia (desvio divergente) (17)(19)(20)(21). Quando o desalinhamento do olhar ocorrer nos primeiros anos de vida, pode se instalar a preferência por fixar as imagens somente com um dos olhos (o olho fixador). Deste modo o olho desviado sofre uma supressão cortical, o que impede o desenvolvimento adequado das vias visuais, caracterizando a ambliopia (18)(20)(22)(23)(24).

A ambliopia, também conhecida popularmente como “olho preguiçoso”, pode ser definida como a perda visual mono ou binocular de uma ou mais linhas de acuidade visual consequente a privações no sistema visual ou interação binocular anormal. Em pesquisas comportamentais, os amblíopes e estrábicos demonstraram déficits de percepção de cenas do mundo real, além de distúrbios do processamento visual, orientação, movimento ocular, posição espacial, percepção global e reconhecimento de objetos, com perda parcial ou completa

da função tridimensional (visão 3D), além de déficits em funções cognitivas como leitura e distúrbios posturais (17)(22)(25)(26)(27)(28)(29)(30).

Observa-se também, na ambliopia e no estrabismo movimentos sacádicos e de estabilidade de fixação ocular alterados (25)(27)(31). Ghassia et al. (2017) relataram aumento na instabilidade de fixação e variação da posição ocular em pacientes estrábicos em comparação com sujeitos do Grupo Controle normais, além do aumento na desconexão da fixação ocular, que é pior em pacientes com estrabismo de ângulo largo e estereopsia ausente (25).

Tais aspectos têm grande importância visto que a exploração visual do mundo é realizada através dos movimentos oculares dentre os quais podemos citar: os movimentos sacádicos que são realizados na direção de colocar sobre a fóvea alvos de diferentes localizações, o movimento de seguimento que responde pelo acompanhamento de um alvo em movimento, e os movimentos vergenciais, especialmente a convergência, de grande importância para atividades como a leitura. Todos esses tipos de movimentos são realizados pelos músculos extraoculares que são controlados por uma cascata complexa de mecanismos fisiológicos (15)(25)(32)(33).

Muito embora todos esses déficits tenham sido relatados para portadores de estrabismo, para fins do nosso conhecimento não se tem documentado na literatura pesquisas que abordem a avaliação da percepção ilusória geométrica neste grupo populacional, nem tampouco informações a respeito de possíveis mudanças na percepção ilusória após a melhora do alinhamento ocular de indivíduos estrábicos submetidos à cirurgia corretiva.

Nesse sentido, o presente projeto se propõe a investigar, em portadores de estrabismo com indicação cirúrgica, como ocorre a percepção visual a figuras ilusórias geométricas em comparação com indivíduos não estrábicos com exame oftalmológico dentro da normalidade e as possíveis modificações na percepção da imagem ilusória após o procedimento cirúrgico para alinhamento ocular ao longo do tempo. Para esta finalidade foram utilizadas a ilusão Vertical-Horizontal, a ilusão de Müller-Lyer (versão Brentano) e a ilusão de Ponzo.

1.1 A PERCEPÇÃO VISUAL

A percepção visual é essencial para a interação com o mundo (34). O complexo processo hierárquico construído a partir do nível mais simples até os mais completos estágios torna a informação visual crítica para o dia-a-dia do indivíduo sendo essencial para locomoção, reconhecimento de lugares, pessoas e objetos e toda a interação com o meio ambiente (34).

Dentro da hierarquia do processamento visual podem-se identificar três níveis centrais, não necessariamente sequenciais, denominados de estágios do processamento visual. O primeiro ou de baixo nível refere-se ao processamento de características básicas como: orientação, tamanho e localização de um estímulo no ambiente. O processamento intermediário participa da percepção organizacional da cena sendo responsável por agrupar por similaridade ou proximidade, diferenciar aspectos de figura-fundo e codificar objetos da cena visual em um aspecto global de representação e construção da forma (34)(35). Já o alto nível de processamento, está representado através da extração e significação dos objetos e cenas do campo visual, através do reconhecimento de objetos e faces, a fim de possibilitar uma interpretação visual que evoca aspectos semânticos como a memória, além da atenção espacial e coordenação motora (34).

A despeito da hierarquização didática simplificada exposta acima, o entendimento atual converge para a compreensão de que há uma grande conectividade do sistema com regulação e contra-regulação em todos os níveis do processamento central, além de evidências de uma regulação de cima para baixo (*top-down regulation*) onde circuitos superiores modulariam o processamento dos sinais sensoriais em um constante diálogo que influencia o rastreamento da cena visual (14). Concenso é que, para que o processamento visual central ocorra primeiramente é preciso focar o objeto de interesse, de modo que toda nossa experiência visual no mundo se processa de forma contínua iniciando-se a partir dos movimentos oculares, ou seja, nossa

percepção depende fundamentalmente de representações motoras que extraímos do ambiente que nos cerca (33).

1.1.1 Aquisição da Informação Visual - A Importância dos Movimentos Oculares para a Percepção Visual.

Para explorar e perceber o mundo, o homem executa vários movimentos oculares, que ocorrem no sentido de posicionar a fóvea sobre o objeto de interesse (33)(36). Morfologicamente, a região de maior acurácia visual corresponde à fóvea, área central da mácula, que apresenta uma alta densidade de cones, células especializadas responsáveis pela precisão da imagem visual projetada (15).

Deste modo, os olhos realizam movimentos em diferentes direções e sentidos ao encontro do objeto de interesse. Tais movimentos podem ser classificados como movimentos sacádicos ou de seguimento, quando os olhos se movem em direção a um objeto excêntrico (para esquerda, para direita, para cima, para baixo e obliquamente), ou movimentos vergenciais a fim de trazer ao foco um objeto distante ou próximo do indivíduo (37).

Os movimentos oculares podem também ser involuntários, tendo o intuito de estabilizar a imagem na retina, como por exemplo, os movimentos vestibulo-oculares (movimentos conjugados dos olhos condicionados a movimentos da cabeça), ou como o reflexo optocinético (movimentos oculares decorrentes da percepção de padrões visuais em movimento, por exemplo, o movimento ocular que observamos quando o indivíduo dentro de um veículo em movimento tenta fixar as cenas pela janela do automóvel) (37).

Mesmo quando estamos fixando um objeto estacionário, os olhos nunca param de se mover, tais movimentos são denominados sacádicos e são responsáveis pela percepção única e sensação de profundidade (estereopsia)

na aquisição binocular da informação visual (16)(36)(37)(38). A precisão e acurácia na movimentação ocular é controlada por um mecanismo fisiológico em cascata, sendo o colículo superior (CS) uma importante estrutura nesse mecanismo, recebendo aferências subcorticais e corticais (16)(32)(33)(37)(39).

Em nível primário os músculos extra-oculares são controlados por motoneurônios: o músculo reto lateral innervado pelo nervo abducente (VI – núcleo pontino), o oblíquo superior pelo nervo troclear (IV – núcleo medular), e os músculos reto medial, superior e inferior e oblíquo inferior pelo nervo oculomotor (III – núcleo no mesencéfalo) (33). Já os movimentos sacádicos dependem fundamentalmente das conexões desses núcleos com a formação reticular pontina paramediana (FRPP) e com o núcleo intersticial rostral do fascículo longitudinal medial (NRFLM) (33)(39).

Tais neurônios motores são controlados por neurônios pré-motores. Os neurônios pré-motores responsáveis pelos movimentos sacádicos horizontais estão localizados na formação reticular pontina paramediana (FRPP), na formação reticular medular (FRmed), núcleo do Hipoglosso (NH) e no núcleo vestibular medial (NVM). Os neurônios pré-motores responsáveis pelos movimentos sacádicos verticais estão localizados no núcleo intersticial rostral do fascículo longitudinal medial (NFLM). Os neurônios pré-motores responsáveis pela vergência se encontram na formação reticular mesencefálica (FRM) (39). Todos os neurônios pré-motores são controlados inibitoriamente por uma região denominada *omnipause neurons* (NOP), nos núcleos da rafe, tendo importante papel na sincronização direcional de geração do movimento sacádico (33).

Em nível mais alto, todo o circuito pré-motor é controlado pelo colículo superior (CS), onde pode-se representar topograficamente o mapa da cena visual (33). A ação no que se refere ao planejamento e desempenho dos movimentos oculares de foveação é independente e, de certo modo, recebe influência da camada V cortical, do gânglio basal e do núcleo pulvinar no tálamo (40). A nível cortical, o colículo superior é controlado pelo córtex parietal posterior (CPP), e de forma mais específica pelo campo ocular parietal (COP) para movimentos reflexos, e o campo ocular frontal (COF) para movimentos intencionais, enquanto o campo ocular suplementar (COS) tem papel na

preparação do movimento e também está envolvido na atenção visual e atualização espacial da informação visual (39)(41).

Em nível dos núcleos basais, o controle inibitório do colículo superior se dá por atuação da substância nigra na pars reticulata (SNpr) e também por atuação do córtex pré-frontal dorsolateral (CPF DL) através do tracto pré-frontotectal (33). As ações dos núcleos basais inibem *loops* na região tálamo-cortical e permitem a atualização das representações visuais corticais o que estaria relacionado com a memória visual (40).

Em nível superior, as regiões do córtex frontal e parietal projetam-se diretamente para o colículo superior (CS) e estão relacionadas à atenção visual. A ativação cortical dessas áreas é bilateral, porém estudos com Ressonância Nuclear Magnética (RNM) demonstraram que, quanto aos movimentos oculares, há maior resposta do hemisfério contralateral ao campo de ação de atenção e existe uma conexão inter-hemisférica em nível do fascículo longitudinal superior (42).

Por fim, o cerebelo mantém toda a acurácia do movimento (33). A qualidade dos movimentos oculares e coordenação binocular são pré-requisitos para a fusão bifoveal perfeita que permite a percepção visual binocular da cena (15)(38)(41). De fato, os movimentos oculares e a visão podem ser utilizados como indicadores do funcionamento do Sistema Nervoso Central, visto que os neurônios retinianos derivam onto-geneticamente do diencéfalo (15)(16)(38). A Figura 1 demonstra a alta complexidade do controle motor ocular ilustrada por Coubard et al. (2014) (15).

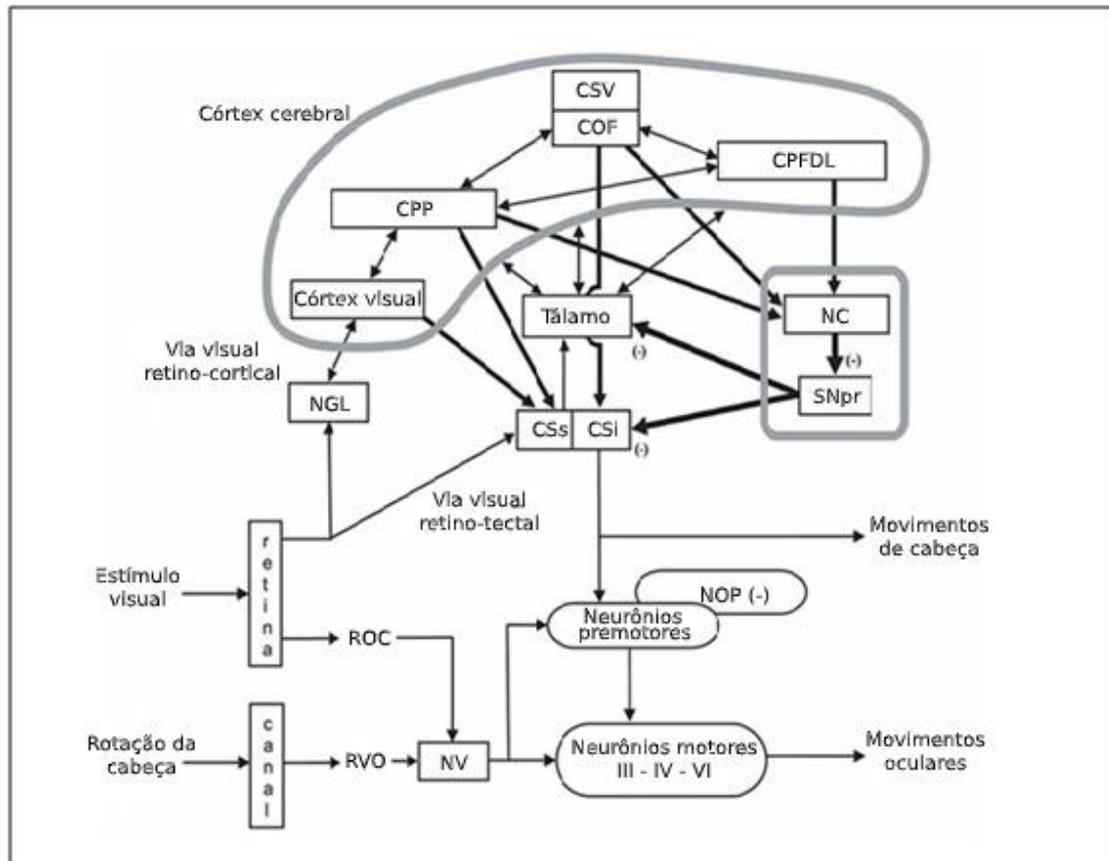


Figura 1 - Organização das estruturas cerebrais envolvidas no controle dos movimentos oculares, especialmente sacadas. Fonte: Coubard OA, Urbanski M, Bouron C, Gaumet M. Educating the blind brain: A panorama of neural bases of vision and of training programs in organic neurovisual deficits. *Front Integr Neurosci.* 2014;8(DEC):1–13. (15). Legenda: NGL: núcleo geniculado lateral, CPP: córtex parietal posterior, CSV: campo suplementar visual, COF: campo ocular frontal, CPFDL: córtex pré-frontal dorso lateral, NC: núcleo caudado, SNpr: substância nigra da pars reticulaxa, CSs: colículo superior (camada superior), CSi: colículo superior (camada intermediária), NOP: neurônio omnipause, NV: neurônio vestibular, ROC: resposta opto-cinética, RVO: reflexo vestibulo-ocular

1.1.2 Mapeamento das Áreas Cerebrais Engajadas na Percepção Visual

A percepção visual é uma atividade central da vida humana, sendo possível estimar a sua importância ao considerar-se que cerca de 60% do cérebro, em suas diversas áreas, está envolvido no processamento das informações visuais, dentre elas o lobo occipital, parietal e temporal (15)(34). Nos últimos 20 anos, desenvolvimentos no campo da neurociência permitiram novas descobertas em relação às bases neurais e os mecanismos envolvidos

nos aspectos da organização perceptual (34)(43). Assim, a visão binocular é possível a partir de cinco sistemas originados na retina: o retino-occipital ou via retino-cortical, e o retino-colicular ou via visual retino-tectal, o retino-pretectal, retino-hipotalâmico e o sistema óptico acessório (SOA) que se dirigem a diversas áreas cerebrais (15).

Grande parte da informação visual chega ao córtex por meio da via retino-occipital também denominada via visual geniculada, as células ganglionares passam a ser denominadas retino-talâmicas e conduzem a informação visual passando pelo nervo óptico, seguindo pelo tracto óptico, até atingirem o núcleo geniculado lateral. Os neurônios tálamo-corticais deixam o corpo geniculado lateral e caminham pelas radiações ópticas ou tracto genicular calcarino alcançando o córtex visual primário, também denominado córtex estriado ou área V1, conhecida como área 17 de Brodmann, onde se processa a informação visual inicial, conforme demonstrado na Figura 2 (15)(40)(41)(44)(45)(46).

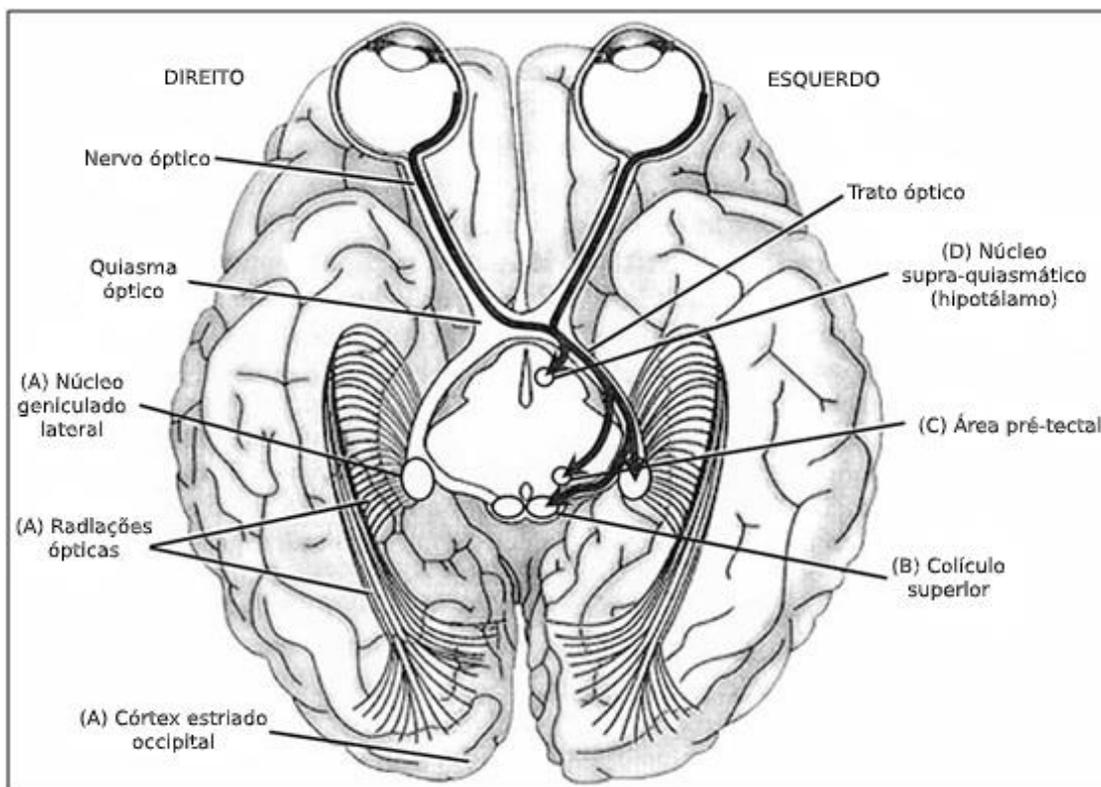


Figura 2 - Vista inferior do cérebro evidenciando as cinco vias visuais principais. Fonte: Coubard OA, Urbanski M, Bourlon C, Gaumet M. Educating the blind brain: A panorama of neural bases of vision and of training programs in organic neurovisual deficits. Front Integr Neurosci. 2014;8(DEC):1–13.(15)

A informação que advém da retina se magnifica refletindo no córtex cerebral um padrão específico, retinotópico, que respeita a topografia retiniana como um espelho (44), ou seja, a área de ativação representada em V1 reflete o tamanho percebido do objeto que está sendo observado (47). Da área visual primária denominada V1, a informação é enviada ao córtex extra-estriado, propagando-se e sendo replicada de modo que podem ser didaticamente identificados dois trajetos principais: as vias “o quê” (ventral) e “onde/como” (dorsal) (Tabela 1) (3)(48)(46)(49). Portanto, a informação visual captada por meio do neurônio primário na retina (cones e bastonetes) é transmitida a neurônios altamente diferenciados que se dividem em mais de 20 subtipos e se direcionam a mais de 24 áreas cerebrais, sendo responsáveis por diversos aspectos característicos da cena visual (15). Nesse sentido, diferenciam-se principalmente os neurônios parvo e magnocelulares. Os neurônios parvocelulares caracterizam-se por sensibilidade superior a altas frequências espaciais e menor resolução temporal, sendo responsáveis pela análise fina e projetam-se, especialmente, para as áreas V2, V4 e occipito-temporal. Já os magnocelulares, respondem pela localização do objeto, integração percepção-ação e direcionamento das ações guiadas pela visão, não respondem às cores e têm boa resposta para contraste, baixas frequências espaciais, altas frequências temporais e movimento composto, projetam-se, em maioria, para as áreas V2, V3, MT (ou V5) e occipito-dorsal (3)(18)(32)(48)(46)(49) (Tabela 1 e Figura 3).

Tabela 1 - Características funcionais de áreas cerebrais do córtex visual. Adaptado de : Milleret C, Bui Quoc E. Beyond rehabilitation of acuity, ocular alignment, and binocularity in infantile strabismus. Front Syst Neurosci. 2018;12(July) (18)

	Área	Função principal
	V1 (Córtex Estriado)	Decomposição da cena visual (processo de segmentação) para percepção visual em suas características básicas. Base neural da percepção e constância de cor.
Via Dorsal (Sistema “Onde?” , percepção espacial / localização e Sistema “Como?” , ação motora visualmente guiada inconsciente)	V3 , V3A e MT/V5	Área seletiva do movimento, velocidade, direção, construção da representação visual (alto nível perceptual), locomoção, movimentos visuais guiados das mãos.
	MST (V5a)	Análise do movimento dos objetos no espaço, movimentos oculares (sacadas), locomoção e direção da cabeça .
	Área intra-parietal	Controle de ações guiadas visualmente (movimento de alcance para agarrar). Extrai a forma 3D de objeto de imagens retinianas 2D. Base neural de controle da interface óculo-motora. Coordenação visuo-motora e processamento de formas 3D. Sensível a profundidade e objetos pequenos 2D.
	Área parieto-occipital ou V6 (+V6A)	Área motora, primeiro estágio de entendimento da coerência do movimento. Detecção de movimento real, distinção movimento de objeto ou auto-movimento (do próprio corpo). Localização de alvos.

Continua

Conclusão

Tabela 1 - Características funcionais de áreas cerebrais do córtex Visual. Adaptado de : Milleret C, Bui Quoc E. Beyond rehabilitation of acuity, ocular alignment, and binocularity in infantile strabismus. Front Syst Neurosci. 2018;12(July) (18)

	Área	Função principal
Via Ventral	V2	Organização figura-fundo.
(Sistema "O que?", percepção de formas e reconhecimento de objetos)	V4	Percepção da forma (ângulo, curva). Visão de cores.
	Córtex Occipital lateral	Percepção e reconhecimento de objetos (faces, animais, objetos feitos pelo homem). Área onde a estrutura tridimensional é extraída da disparidade. Percepção de textura, forma, cor, contornos do elemento.
	Giro Fusiforme (lateralizado a direita)	Percepção e reconhecimento de face. Percepção de objetos e corpo.

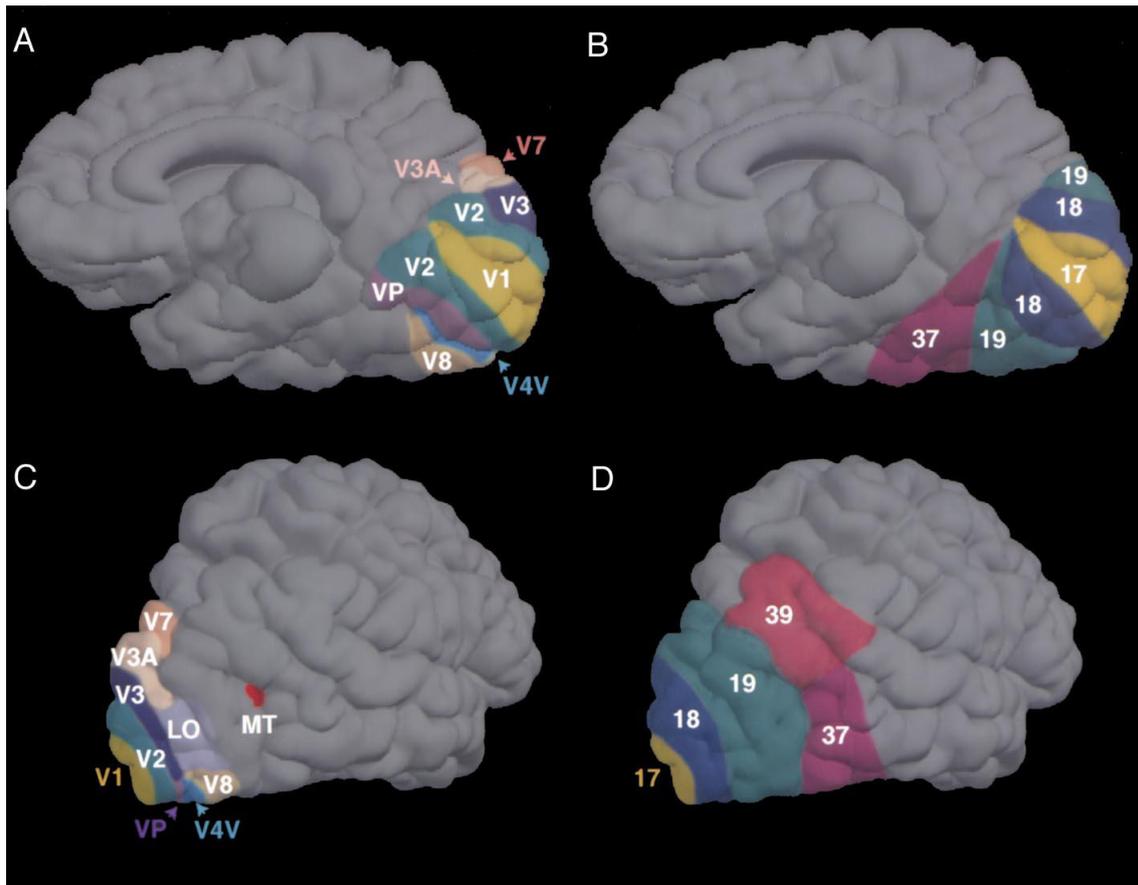


Figura 3 - Localização das áreas corticais visuais. Legenda: (A) e (C) áreas visuais corticais definidas pela RNMf. (B) e (D) áreas corticais visuais de acordo com Brodmann. Fonte: Tootell RBH, Hadjikhani NK, Mendola JD, Marrett S, Dale AM. From retinotopy to recognition: fMRI in human visual cortex. Trends Cogn Sci. 1998;2(5):174–83

Estudos recentes que avaliam a função cerebral através de Ressonância Nuclear Magnética Funcional (RNMf) em primatas não-humanos e humanos, identificaram diferentes áreas da via visual ventral e particularmente dos lobos occipital e temporal além da área V8, tendo maior evidência o complexo lateral occipital ou córtex lateral occipital no processamento das formas (43)(44)(46). Já as áreas denominadas MT ou V5 (temporal medial) e o complexo MST (medial superior temporal) localizadas na junção temporo-parieto-occipital, e presumivelmente, as áreas V3A e V7 da via parietal dorsal estariam relacionadas à detecção global do movimento (44). Pesquisas com neuroimagem também revelam que diante do estímulo motor, ocorre a ativação de uma área denominada área cinética occipital (CO) que é muito seletiva ao movimento de formas, especialmente quanto aos limites do movimento (13)(50).

Porém, além das vias clássicas, outras rotas do sistema visual têm sido descobertas. Alguns neurônios ganglionares, formados por células do tipo magnocelular, não alcançam o corpo geniculado lateral, mas direcionam-se para camadas mais superficiais na região caudal do colículo superior assim como para áreas no núcleo pulvinar, na via dorsal, na região temporal e frontal do cérebro. Esta seria a também denominada via extra-geniculada ou sistema retino-colicular (51). Vale ressaltar que o sistema retino-colicular está conectado a estruturas límbicas como a amígdala e o córtex orbitofrontal, o que explica os efeitos emocionais causados por uma informação visual (52).

Além disso, as fibras visuais, dirigidas ao hipotálamo na região do núcleo supra-quiasmático, também participam da regulação de inúmeros comportamentos e funções biológicas como o ritmo circadiano, sono e vigília, produção de cortisol, reprodução, além de funções hormonais (53). Por fim, o sistema óptico acessório desempenha seu papel no controle de posição e orientação da cabeça com os movimentos lentos dos olhos e divide-se em duas vias: no controle horizontal (núcleo do tracto óptico e núcleo dorsal terminal), e no controle vertical (núcleos medial e lateral) (51).

Outras áreas visuais ilustram a grande especificidade dos subsistemas, como, por exemplo, a área do giro fusiforme (localizada no lobo temporal) que responde pela percepção de faces (44), a área para-hipocampal para navegação, a área visual da linguagem escrita localizada no giro fusiforme e a área do sulco superior temporal como responsável pela detecção do movimento biológico (movimento de deambulação) (51)(54). Kauffmann et al. (2014), em artigo de revisão da literatura reiteram a importância das áreas para-hipocampal, córtex retrosplenial e da região ao redor do sulco transversal occipital na percepção de cenas tridimensionais (48). Axelrod et al. (2017), em estudo utilizando RNMf demonstrou que as regiões do córtex para-hipocampal (CPH) e do hipocampo estão extensivamente implicadas no processamento visuoespacial, de integração de cena e espacial em geral, tendo encontrado uma correlação entre a densidade da substância cinzenta no CPH/hipocampo e a magnitude da percepção ilusória geométrica, além de investigar uma série de regiões de controle central que foram implicadas na cena e no processamento

visual nos lobos temporal, occipital e parietal, incluindo o córtex retrosplenial (CR) e a região transversa, além de regiões de cena seletiva do sulco occipital (SO) (7).

Devido ao grande número de áreas envolvidas no processamento visual, Sawamura et al. (2018), advoga que as funções perceptiva e do movimento ocular podem ser considerados como biomarcadores do funcionamento do Sistema Nervosa Central (55). Apoiando essa preposição, estudos recentes a respeito das desordens funcionais percebidas em pacientes com estrabismo, anisometropia e ambliopia, revelam que os achados periféricos podem representar causas ou efeitos de disfunções a nível central (17).

1.2 ILUSÕES VISUAIS E PERCEPÇÃO VISUAL ILUSÓRIA

De acordo com Gregory (1996), é estranhamente difícil definir a palavra ilusão de forma apropriada (1)(56). O Dicionário Brasileiro de língua portuguesa Caldas Aulete define a palavra ilusão como:

1. Impressão ou sensação que não corresponde à realidade, por engano da mente, dos sentidos, ou causada por elementos externos. 2. Ideia ou opinião errada. 3. Devaneio, sonho (57).

A ilusão é (pelo menos, em parte) uma percepção equivocada das propriedades relacionais entre os elementos constituintes do objeto observado (1), ou seja representam uma discrepância entre o que é experimentado e o que é expresso fisicamente (56). No passado, o estudo das ilusões visuais era menosprezado. Oswald Kulpe (1983), no século XIX, expressou a opinião dos estudiosos da época escrevendo que a percepção visual ilusória era somente "a perversão subjetiva do conteúdo de uma percepção objetiva". Porém, com o movimento Gestalt, na Psicologia, passou-se a reexaminar as ilusões e a importância delas no campo da neurociência (1), ao ponto que a percepção ilusória não deve ser analisada como uma simples limitação interpretativa do cérebro, sem propósito algum, mas sim como uma adequação evolutiva

indispensável à sobrevivência, em que circuitos neurais se encarregam de enfatizar ou reduzir elementos da cena considerando as necessidades do momento, aspecto detectável em diversas espécies animais (4)(58).

Para Eagleman (2002), ilusões são esses estímulos extremos que representam uma re-calibração ativa do sistema visual sendo consideradas uma poderosa janela para os aspectos da neurobiologia visual, um ponto de partida e um guia para novas técnicas e experimentos em pesquisa na área de neurociência (1). Tal opinião também é compartilhada por Spillmann (2009), que advoga que ilusões visuais mostram “a assinatura do cérebro sobreposta ao estímulo” (49). Algumas ilusões são amplamente conhecidas e desde há muito estudadas, como é o caso da ilusão da cachoeira “*waterfall illusion*” descrita inicialmente por Aristóteles (384 – 322 BC), que percebeu que após a fixação dos olhos no movimento das águas de uma cachoeira ou rio por algum tempo, os objetos fixos ao redor pareciam estar se movendo.

...when persons turn away from looking at objects in motion, e.g., rivers, and especially those which flow very rapidly, they find that the visual stimulations still present themselves, for the things really at rest are then seen moving. Aristotle, 350BC, apud Bach et al. (2006) (6).

O fenômeno desta ilusão é denominado como efeito pós-imagem e poderia ser explicado como uma consequência natural do processamento opoente, onde uma população neuronal passa a dominar e controlar brevemente a percepção a partir do momento em que uma outra subpopulação de neurônios se torna “inibida”. Entretanto, esta não parece ser a única explicação, pois o mesmo permanece após o piscar, fechar ou movimentar dos olhos. Deste modo, a desinibição de populações neuronais de seletividade antagônicas parece ser a explicação mais coerente para este fenômeno (1).

Tootell et al. (1995), investigaram o efeito de pós-imagem na *waterfall illusion* através de Ressonância Nuclear Magnética funcional (fMRI) demonstrando a ativação principalmente da área cortical MT, também conhecida como área visual V5. Utilizando como estímulo anéis concêntricos em

movimento e anéis estacionários observou-se que as áreas MT do córtex cerebral eram as mais ativadas pelo estímulo em movimento sendo também seletivas direcionalmente. Os autores relataram que após a cessação do movimento, a área MT ainda mantinha ativação por um período de latência mesmo com apresentação do estímulo de fato estacionário o que justifica o fenômeno da pós-imagem. Outras áreas também estimuladas, porém em menor proporção, foram as áreas visuais V2 e V3a (59). Bem antes do uso de RNMF, contudo, Darwin et al. (1794) *apud* Wade (2015), utilizaram a ilusão de pós-imagem na avaliação da motilidade ocular como um marcador metodológico a fim de ilustrar a velocidade e a instabilidade das microssacadas na fixação de um objeto estacionário (60) (Figura 4).

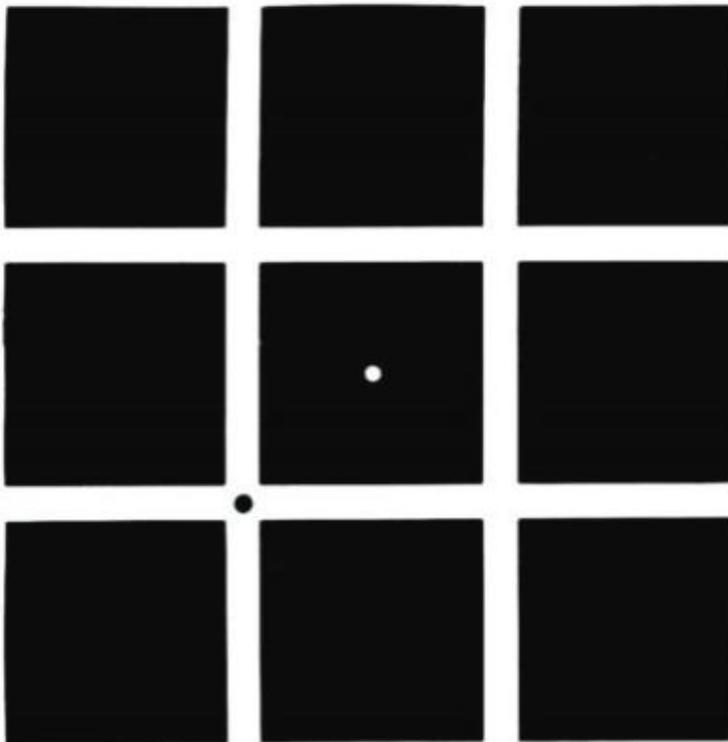


Figura 4 - Padrão que produz pós-imagem. Wade NJ. How Were Eye Movements Recorded Before Yarbus? Perception. 2015;44(8-9):851-83

De acordo com Westheimer (2008), o estudo das ilusões visuais traz diversas perspectivas de questionamentos tanto do ponto de vista da biologia evolucionista, ao interrogar por que percebemos ilusões visuais, como também da fisiologia neural, a fim de esclarecer como ocorre o processo hierárquico que envolve a percepção das imagens no espaço, por exemplo: a predominância da

percepção de contorno explícito em relação ao contorno implícito da imagem (ilusão de Poggendorf) , da continuidade a despeito da retinealidade (ilusão de Hering) e do comprimento das linhas em relação à orientação de contorno (ilusão de Ponzo) (14) (Figura 5).

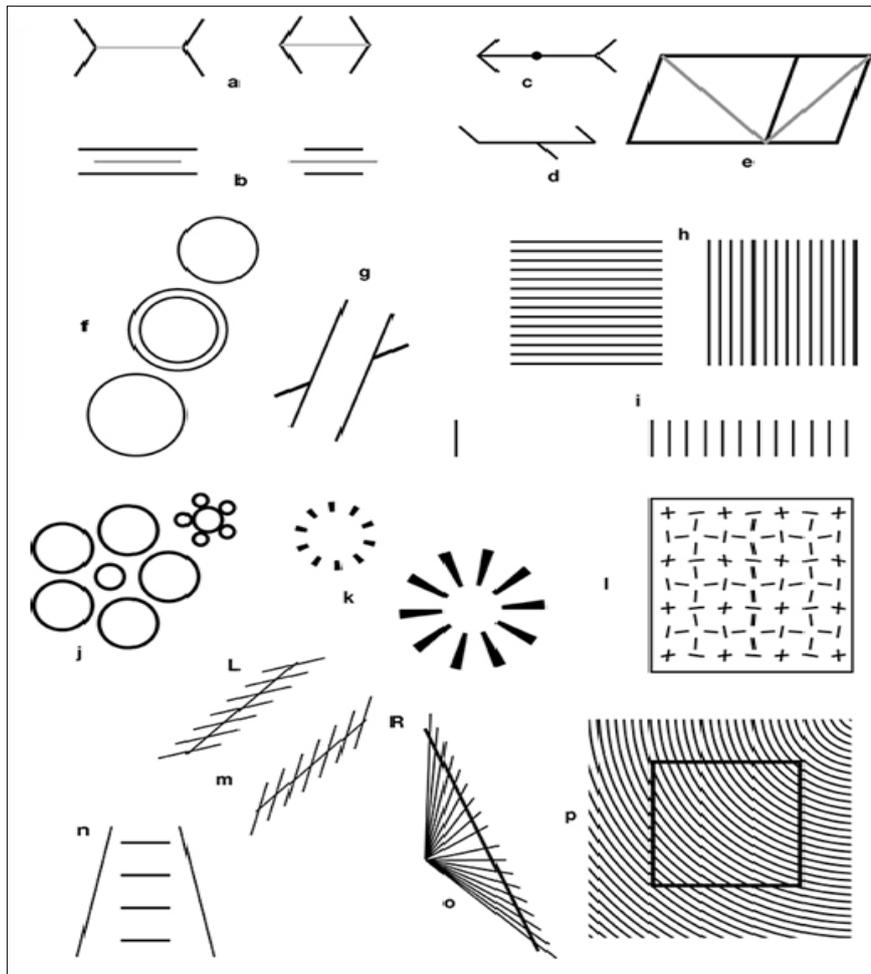


Figura 5 - Exemplos de ilusões geométricas clássicas. Legenda: (a) Müller-Lyer (b) Variante de Müller-Lyer, (c) Judd (d) Pegrassi (e) paralelograma de Sander's (f) Delboeuf (g) Poggendorff (h) Helmholtz' (i) Opper-Kundt (j) Ebbinghaus ou Titchener (k) variante híbrida de Ninio (j) and (n), (l) variante de biseção. (m) Zöllner. (n) variante de Ponzo (o) Hering (p) variante de Ehrenstein e Orbison. Fonte: Ninio J. Geometrical illusions are not always where you think they are: A review of some classical and less classical illusions, and ways to describe them. Front Hum Neurosci. 2014;8(October):1–21. (8)

As ilusões visuais fascinam e desafiam a nossa capacidade de interpretação do real e do imaginário. Elas demonstram que todas as nossas percepções visuais são de certo modo ilusões, pois só passam a ter um

significado quando são interpretadas e se tornam representativas em nosso mundo. Apesar de os olhos filtrarem a imagem inicial, essa só passa a fazer sentido quando a significamos internamente, ou seja, a própria imagem encontra-se em construção permanente (6).

Existe um número enorme de ilusões visuais e, em sua maioria, a classificação das ilusões está baseada no aspecto fenomenológico, ou seja, sua aparência perceptual, de modo que elas podem ser divididas em seis grupos fenomenológicos (1)(6)(8)(56):

- Ilusões de luminância ou contraste
- Ilusões de movimento
- Ilusões geométricas ou de ângulo
- Ilusões de interpretação tridimensional (constância de tamanho e figuras impossíveis).
- Ilusões cognitivas / efeito Gestalt
- Ilusões de cor

Para além dos aspectos fenomenológicos, pesquisadores como Hamburger (2016), defendem a importância de compreendermos as ilusões através de seu processo cognitivo neural, com foco na base fisiológica de interpretação da percepção ilusória (5). Em comum acordo, Cretenoud et al. (2019), reforçam que apesar de serem classificadas a partir de suas características físicas tal pressuposto não pode ser utilizado para justificar mecanismos operacionais, ou seja, sobre a forma como cada ilusão é processada em nível central. Em seu estudo os autores desafiam a noção de que exista um fator comum que explique o processamento ilusório a partir da denominação clássica e demonstram que há fraca correlação inter-ilusões dentro de uma mesma classificação fenomenológica concluindo que múltiplos fatores, diferenças individuais e aspectos particulares de cada ilusão podem ter influência na percepção ilusória (61).

Nesse sentido, estudos utilizando a técnica de RNMf tem contribuído para o entendimento do processamento central das imagens ilusórias. Murray et al. (2006), em seu estudo utilizando RNMf demonstraram que o tamanho da

projeção de um objeto na retina e a informação de profundidade em uma cena são combinados em V1, de tal modo que o escalonamento das ilusões apresentadas se refletem no tamanho das representações retinotópicas nesta área. A representação de uma imagem em V1 é dinâmica e depende do conteúdo tridimensional da cena, o que quer dizer que o sistema visual claramente não mede com precisão o tamanho de uma imagem projetada na retina e sim a dimensiona por meio do contexto em que ela se insere, o que é denominado de “fator de magnificação central” (62). Já em relação ao papel de V2, Ramsden et al. (2001), relataram que o contorno ilusório da ilusão em grade ativa domínios de orientação em V2 que se sobrepõem àqueles ativados por grades de luminância, ao passo que inibe atividade em V1 (63). Já de acordo com Weidner et al. (2007), o córtex occipital lateral (COL), estaria envolvido em um processamento visual mais elevado, sendo responsável pelo reconhecimento de objetos e contribuindo para o processamento de ilusões ópticas (64).

Tem-se então que estágios visuais precoces e de alto nível são necessários para o processamento de uma ilusão óptica de tal modo que a percepção é dependente desta interação. Acredita-se que para que ocorra a percepção ilusória, seja necessário um mecanismo de retro-comunicação entre essas áreas visuais principais V1, V2 e COL, sendo a discriminação da figura uma tarefa hierárquica em que após a detecção nos córtex visuais iniciais, é encaminhada às áreas visuais mais altas e em seguida, re-enviada de volta, como num ciclo, para conclusão da interpretação e fortalecimento dos processos de segregação figura-fundo ou ressignificação dos sinais preditivos enviados pelas áreas visuais superiores (efeito *top-down*) (2)(65).

1.2.1 Ilusões Geométricas ou Ilusões de Ângulo

Uma das classes mais antigas dentre as ilusões visuais é composta por estímulos geométricos. Esse grupo clássico e robusto de ilusões, foi descoberto na segunda metade do século XIX, em sua grande maioria por pesquisadores alemães (7)(14). Diversas teorias se propõem a explicar o julgamento errôneo do objeto em relação às propriedades físicas do estímulo apresentado, e englobam aspectos métricos (contraste, assimilação, encolhimento, expansão, atração e paralelos), princípios relativos à orientação (regressão aos ângulos retos, expansão ortogonal), Teoria de Escala de Constância de Tamanho mal aplicada (64), e os efeitos Gestalt (8)(7), independentemente da distância do observador ou da polaridade de contraste (14). A Figura 5 apresentada anteriormente ilustra alguns tipos de ilusões visuais geométricas já documentadas.

Por ser um grupo vasto e heterogêneo de imagens ilusórias, pesquisadores tentaram desenvolver critérios de subclassificação das ilusões geométricas (8)(5). Dentre eles, Seymour Papert (1961), aplicou o estereograma de pontos aleatórios de um padrão de Müller-Lyer a fim de classificar as ilusões geométricas em duas subclasses: as de processamento baixo ou inicial, e as de processamento alto ou tardio. O padrão de estereograma desenvolvido por ele não pode ser percebido monocularmente, mas foi visível em profundidade, sob visão estereoscópica. Como o padrão não era acessível ao cérebro antes da combinação da informação óptica das duas retinas, Papert concluiu que a ilusão surgiu em um estágio tardio da percepção visual, após o estágio de combinação das correntes visuais dos dois olhos (66). Julesz (1971), também demonstrou outras ilusões geométricas que foram camufladas em estereogramas de pontos aleatórios, incluindo Ponzo, Vertical-Horizontal, Ebbinghaus e Poggendorff, e apontou que estas ilusões envolveriam um processamento visual mais tardio (67).

Dentro desta vasta classe, estão inseridas ilusões geométricas clássicas. São elas: a Ilusão Vertical-Horizontal, a Ilusão de Müller-Lyer e a Ilusão de Ponzo

(8). Na ilusão Vertical-Horizontal o indivíduo é apresentado a uma imagem em forma de “T” invertido (Figura 6), em que se demonstra grande tendência a superestimar o comprimento da linha vertical, fato decorrente dos vieses vertical e de bissecção. Ou seja, neste experimento os dois seguimentos de reta têm o mesmo comprimento físico, entretanto o indivíduo superestima o comprimento do seguimento vertical ao compará-lo com o seguimento horizontal afirmando que a reta vertical é mais longa. Tal achado depende da configuração das duas linhas, sendo máximo (cerca de 20%) quando a linha vertical cruza a horizontal para cima e no meio desta (denominando-se ilusão de bissecção) (68).

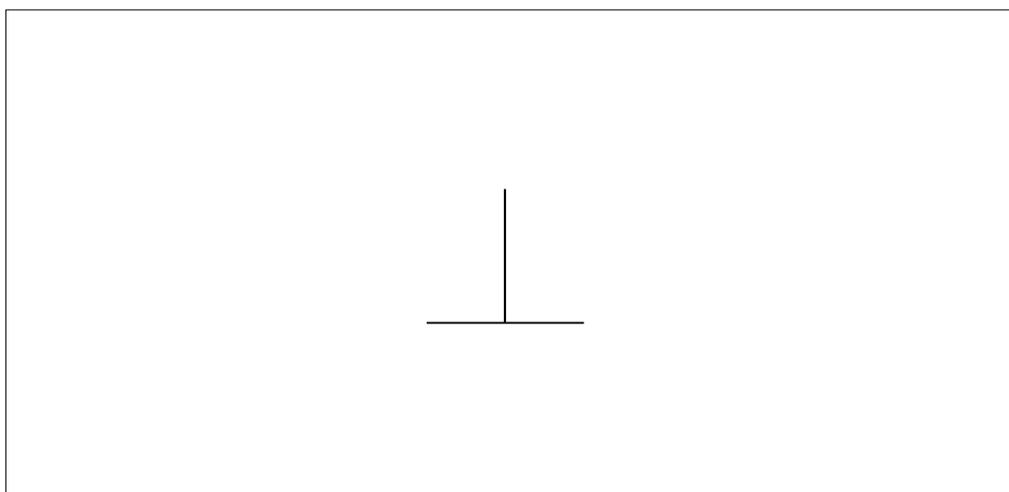


Figura 6 - Ilusão Vertical-Horizontal. Fonte: autora

A ilusão de Müller-Lyer é uma das ilusões geométricas mais conhecidas e estudadas, tanto em seres humanos quanto em animais (4). Foi descrita inicialmente, pelo psiquiatra alemão Fanz Carl Müller-Lyer (1896), e consiste em duas linhas retas de igual comprimento que apresentam em suas extremidades alhetas convergentes ou divergentes. Nesta ilusão, são avaliados dois segmentos de retas paralelas, que apesar de possuírem o mesmo comprimento, são percebidas como se tivessem comprimentos diferentes (4). Esta ilusão é também percebida por primatas como demonstrado por Suganuma et al. (2007), em estudo realizado com macacos-prego (*C. apella*) no Laboratório de Neurociência e Comportamento do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Este foi o primeiro estudo utilizando o macaco *Cebus* a relatar que estes animais têm suscetibilidade perceptual similar aos humanos para a ilusão de Müller-Lyer (58).

A base teórica neurológica para a susceptibilidade à Ilusão de Müller-Lyer ainda não está totalmente clara, visto que as alhetas, “barbatanas” ou “asas”, que poderiam ser interpretadas como indutoras do erro de julgamento não são necessárias para a percepção da ilusão (69).

Do ponto de vista funcional, Zhang et al. (2013), em estudo realizado com EEG (eletroencefalograma) de potenciais evocados cerebrais utilizando à ilusão geométrica-óptica de Müller-Lyer em 15 pacientes jovens saudáveis (21 -26 anos), descreve que áreas visuais do córtex occipital lateral (COL) e o giro lingual esquerdo, próximo ao córtex visual, poderiam contribuir para o processamento integrado nos contornos ilusórios, com maior magnitude das ondas de potencial evocado quanto mais forte a ilusão (70). Neste sentido, Weidner et al. (2007), em estudo com uso de RNMf avaliando as áreas cerebrais ativadas em 15 indivíduos saudáveis (19 a 29 anos de vida) expostos a ilusão de Müller-Lyer (versão Brentano) demonstraram ativação das regiões do córtex occipital lateral bilateral, do córtex parietal superior direito (em tarefas de mensuração da magnitude ilusória) e do córtex parietal posterior direito e córtex temporo-occipital direito (em tarefas de referência). Os autores também demonstraram que o córtex parietal direito seria responsável pelo processamento de cima para baixo (*top-down regulation*) e também pela transformação retinotópica de alta frequência espacial, relacionado ao processamento integrado às experiências visuais (64).

No presente estudo utilizamos a versão Brentano da clássica ilusão de Müller-Lyer, atualmente recomendada por evitar a disposição de uma imagem acima da outra (8). Nela, os dois segmentos de reta entre as alhetas (segmentos A e B representados na Figura 7) são fisicamente do mesmo comprimento, porém o indivíduo tende a superestimar o segmento cujas alhetas estão direcionadas para fora (segmento A) (8)(7)(64), conforme exemplo da Figura 7.

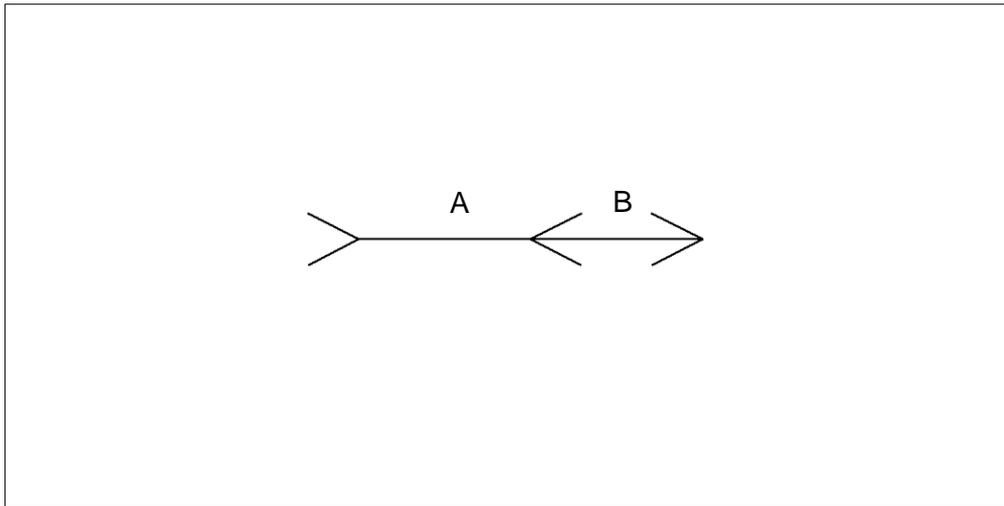


Figura 7 - Versão Brentano da ilusão de Müller-Lyer. Fonte: autora

Nesta ilusão, o centro real do segmento de reta, que o divide em duas partes fisicamente iguais (A e B), é denominado Ponto de Igualdade Objetiva (PIO). Deste modo, a alheta central, pode estar localizada diretamente sobre o ponto de igualdade objetiva (PIO), deslocada à esquerda e deslocada à direita. Diante do julgamento sobre a posição da alheta central o paciente é solicitado a reposicioná-la, ajustando-a de modo a colocar a seta central no ponto em que ele acredita dividir o segmento de reta em duas partes iguais, ou seja, o ponto percebido como central ou Ponto de Igualdade Subjetiva (PIS) (64)(58).

A percepção ilusória, ou seja, a suscetibilidade ou magnitude da percepção ilusória é definida quando o comprimento real dos segmentos A e B da figura for diferente do comprimento percebido e pode ser calculada por meio do Método do Ajuste ou “Método de Média do Erro”. O Método do Ajuste corresponde à média da média dos valores das tentativas descendentes e ascendentes de deslocamento da alheta central ajustada pelo paciente (64)(58).

Outra ilusão clássica é a de Ponzo, em que dois objetos de tamanho igual posicionados entre retas convergentes são percebidos como imagens de diferentes comprimentos (71) (Figura 8). Nessa imagem, os indivíduos tendem a superestimar o comprimento da reta horizontal superior. Entre as retas convergentes podem estar representadas linhas ou círculos de igual tamanho, caracterizando as duas formas clássicas de apresentação da ilusão (72). No presente estudo, optou-se por utilizar a ilusão de Ponzo em linhas pois esta induz

a um maior efeito ilusório em comparação à ilusão de Ponzo apresentada em círculos (72).

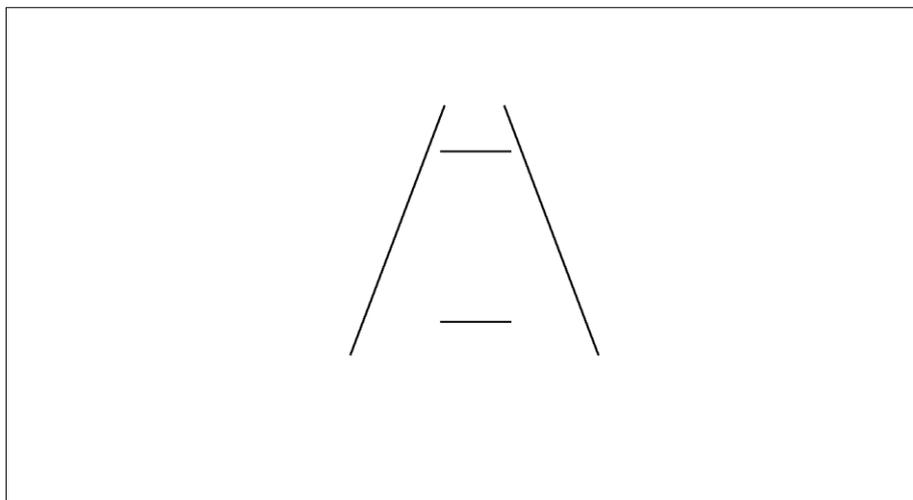


Figura 8 - Ilusão de Ponzo em linhas. Fonte: autora

Uma explicação para a ilusão de Ponzo seria a teoria de julgamento errôneo, baseada no efeito de contraste de tamanho, ou seja, devido à indisponibilidade de distância da informação visual, o cérebro se utiliza da "configuração padrão" disponível - de modo semelhante ao observado na ilusão da lua quando a mesma parece ser maior se está próxima do horizonte, e menor ao ser vista no alto no céu. Padrão similar também é observado na ilusão "Turning the Tables" (73). Neste sentido, para Ponzo, a determinação do comprimento e separação dos elementos parece ser dominada pelos contornos inclinados ao redor, ou seja, a interpretação do todo conduz o observador ao engano levando-o a hiperestimar o comprimento da reta superior, próxima ao ângulo de fechamento da imagem (14)(71).

Nesta ilusão, o cérebro processa uma interpretação tridimensional automática do objeto, extremamente forte, que é difícil enxergar as imagens do mesmo tamanho, mesmo após demonstrar-se que são idênticas. Deste modo, a ilusão demonstra o que é chamado de abordagem ou teoria da impenetrabilidade cognitiva, que se traduz pelo fato de que estranhamente, mesmo quando o indivíduo toma consciência de que está à frente de uma ilusão visual, ele não deixa de ser susceptível à imagem observada (74).

Diversas teorias tentam explicar a ocorrência das ilusões geométricas. De acordo com a teoria métrica para as ilusões geométricas, Delboeuf (1865), *apud* Ninio (1995), propôs que a extensão percebida entre dois alvos poderia refletir a duração dos movimentos oculares de um alvo para o outro, incluindo os tempos de início e término dos movimentos, sendo deste modo os movimentos oculares importantes para a percepção da ilusão (8)(75).

Em uma perspectiva evolucionista, a frontalização dos olhos tem papel importante na interpretação da imagem (32). Adquirida com a evolução do sistema nervoso, a frontalização dos olhos possibilitou a visão em perspectiva tridimensional. Entretanto para alcançar esse objetivo, as percepções da cena adquiridas com os olhos parados, devem ser somadas àquelas com os olhos em movimento de modo que as pequenas distorções sejam eliminadas (8)(49). Desta maneira, outro caminho para a compreensão objetiva de ilusões geométricas pode ser fornecido pelo estudo de sua dependência com os movimentos oculares (60). Apesar de há muito tempo se sustentar que as ilusões geométricas não dependem dos movimentos oculares, uma vez que elas também são observadas quando o estímulo é apresentado em um flash (muito brevemente para permitir movimentos oculares), Fischer et al. (2003), relataram que “algumas ilusões geométricas bem conhecidas desaparecem quando os olhos estão se fixando e as sacadas são suprimidas por um período de tempo e (...) Qualquer sacada feita de propósito restaura a ilusão imediatamente” (36).

A suscetibilidade a ilusões visuais também poderia estar associada com a idade do observador, aspecto controverso na literatura (76)(77)(78). De acordo com Brosvic et al. (2002) crianças entre 5 – 6 anos ainda não desenvolveram estabilidade quanto à visão tridimensional e coordenação motora o que resultaria em maior magnitude ilusória em relação a pacientes mais velhos para percepção da ilusão de Müller-Lyer e Vertical-Horizontal (76). Entretanto, outros fatores além da idade *per si*, poderiam alterar a suscetibilidade ilusória de tal modo que a mesma interpretação perceptual não se estenderia a todas as ilusões geométricas. De acordo com a “Teoria de Dois Fatores” de Piaget et al. (1961 – 1963) *apud* Cretenoud et al. (2020), corroborada por Wagner (1977) (77) as ilusões visuais poderiam ser categorizadas em 2 tipos, sendo: Primárias ou do

Tipo I as que incluem contexto visual pobre (por exemplo Müller-Lyer) e Secundárias ou Tipo II as de contexto visual mais complexo (como por exemplo Ponzo). Deste modo conforme a criança cresce e passa a apresentar maior movimentação ocular e conseqüente refinamento do sistema visual com o desenvolvendo de visão estereoscópica e melhor noção de perspectiva, ilusões do tipo I apresentariam menor magnitude, ao passo que ilusões do tipo II, maior (78).

Outro aspecto a ser considerado é o contexto onde a imagem está inserida. Cretenaud et al.(2020) avaliaram 76 indivíduos de 6 a 66 anos de vida quanto à percepção ilusória de Ponzo e Müller-Lyer em um contexto visual de fundo real (tridimensional, rico contexto), de moderado contexto e de pobre contexto (ilusão bidimensional de forma isolada) reportando estabilidade para a mesma ilusão independente do contexto em que estariam inseridas, porém baixo efeito inter-ilusão, ou seja, a magnitude da percepção ilusória não é a mesma para as duas ilusões apresentadas. Os autores reportaram também que houve uma pequena mas não significativa queda na magnitude perceptual ilusória com a idade mesmo ao comparar somente os participantes menores de 23 anos, o que contraria a teoria de Piaget (78). Já Yildiz et al. (2021), em estudo utilizando a Ilusão do Corredor, onde dois círculos idênticos são projetados sobre diferentes fundos em formato de corredor demonstraram que a suscetibilidade ilusória é a mesma independentemente do fundo de contexto apresentado (alta, média ou baixa frequência espacial) porém, ao retirar a figura ilusória de seu contexto, a magnitude da percepção ilusória foi nula, o que ressalta a importância do contexto para percepção das ilusões visuais (65).

Nesse sentido, alinha-se o processo denominado como princípio da convexidade, convergência e paralaxe sendo a informação monocular transmitida ao longo do nervo ótico até o córtex cerebral onde é realizada a fusão binocular, o que gera uma percepção única do objeto que é, em última análise, a percepção de profundidade (8). Assim, entende-se que o cérebro constrói constantemente uma representação das medidas tomadas sobre a imagem e avalia aspectos como: contraste e diferentes comprimentos (por assimilação

com seguimentos vizinhos) tendo o intuito de acessar a percepção global da figura (8).

Interessantemente, de acordo com Wagner (1977), as vivências pessoais e a escolaridade do observador também podem influenciar na percepção visual ilusória de Ponzo. Em seu estudo, foram avaliadas as respostas quanto à percepção ilusória em 384 homens marroquinos (de 6 a 22 anos de idade) divididos em 16 grupos a depender dos fatores idade, escolaridade e meio ambiente de vivência. O autor demonstrou que a experiência de vida urbana com frequente contato com superfícies e estruturas lineares e anguladas, além da vivência escolar, que possibilita maior desenvolvimento cognitivo, conduziram ao aumento da suscetibilidade ilusória, suportando a chamada “Hipótese Ecológica” em que se advoga que o meio ambiente e nossas interações culturais impactariam na suscetibilidade ilusória (77).

Em abordagem morfofuncional, na tentativa de mapear áreas cerebrais envolvidas com a percepção ilusória geométrica, tem-se destacado as pesquisas utilizando-se da ressonância nuclear magnética funcional (RNMf) (2)(5)(7)(71)(79). Schwarzkopf et al. (2011), em seu estudo avaliou a correlação da magnitude da percepção ilusória com a ativação funcional e a área de superfície de V1 em 30 indivíduos saudáveis. Os autores demonstraram correlação negativa significativa entre as variáveis, ou seja participantes com menor atividade funcional e menor volume da área V1 tenderam a apresentar maior suscetibilidade as ilusões de Ponzo e Ebbinghaus. Entretanto, não houve correlação entre a magnitude de percepção ilusória considerando as duas ilusões pesquisadas, ou seja, inter-ilusões, o que sugere diferentes mecanismos de ativação neuronal para a interpretação das imagens, sendo possivelmente Ebbinghaus mediada por conexões laterais em V1 e Ponzo por *feedback* de áreas extra-estriadas ativadas pelo contexto de fundo (79).

He Dogjun et al. (2015), utilizando a técnica de mapeamento do campo receptivo da população neuronal baseada em RNMf em combinação com testes psicofísicos na avaliação da ilusão de Ponzo demonstrou mudança de posição dos campos receptivos neuronais em V1 (modulada pelos centros superiores extra-estriados), com aumento dos disparos de neurônios mais periféricos ao

codificar a imagem aparentemente maior. Assim, a atividade neural em V1 espelharia o tamanho percebido do objeto sendo significativamente influenciada pelo contexto temporo-espacial onde está inserida, mesmo que o tamanho físico real do estímulo seja o mesmo na retina. Os autores ainda advogam que com o aumento do tamanho do campo receptivo em V1 as conexões inter-neuronais poderiam ser menos eficazes, devido às longas distâncias percorridas, o que explicaria a suscetibilidade a ilusão de Ponzo (71).

Tabei et al. (2015), avaliaram as figuras ilusórias de Müller-Lyer, Ponzo, Hefler, Zerbino, Ebbinghaus, Jastrow, e Delboeuf, tendo descrito que durante a apresentação de ilusões ópticas foram ativadas bilateralmente o giro frontal inferior e superior, o giro pré-central, giro do cíngulo, tálamo (núcleo dorsomedial núcleo lateral ventral e pulvinar), cuneus e área occipital relativa à linha de base, em comparação com estímulo visual não ilusório onde ocorreu a ativação bilateral no giro frontal inferior e superior, giro pré-central, cuneus e área occipital em relação à linha de base, mas não houve ativação bilateral no tálamo, o que sugere que o pulvinar do tálamo também estaria envolvido no processamento cognitivo das ilusões de óptica (2).

Axelrod et al. (2017), relatam que na década passada diversos estudos tiveram foco principal na área visual primária V1, como de grande importância para a percepção ilusória. Porém os resultados de seus estudos demonstraram que regiões corticais mais altas como a área parahipocampal também se correlacionaram com a magnitude das ilusões geométricas, e que um indivíduo com maior densidade de massa cinzenta na área parahipocampal poderia apresentar maior integração visuoespacial e habilidades de construção de cena. Tais resultados levaram os pesquisadores a pressupor que pacientes com lesão no córtex para-hipocampal poderiam ser menos suscetíveis às ilusões visuais geométricas, já que seus mecanismos de integração de cena poderiam estar prejudicados (7).

Estudos comportamentais (61)(78), eletrofisiológicos (80) e morfofuncionais (7)(71) têm sido realizados na tentativa de compreender os mecanismos, as áreas cerebrais e os circuitos neurais envolvidos na percepção visual ilusória. No entanto, ainda é discutível em que nível as ilusões visuais são

processadas e quais seriam os fatores determinantes subjacentes aos mecanismos de percepção das ilusões visuais (78). Como citado anteriormente, aspectos como a idade do indivíduo, fatores transculturais e educacionais (81), contexto visual em que a ilusão está inserida (78) bem como: forma, cor, textura, luminância e orientação das imagens têm sido investigados (61). Apesar dos avanços na pesquisa com ilusões visuais geométricas, até hoje, a interpretação mais difundida para explicá-las é a de que o “olho da mente” (cérebro) distorce nossa percepção de comprimento das linhas ao considerar as pistas circundantes que fazem parte da imagem, isto é o cérebro é “enganado” pelo contexto (3)(65)(77)(78).

1.2.2 A Importância do Estudo das Ilusões Visuais

Se considerarmos como válida a perspectiva do homem comum, as ilusões visuais não seriam uma boa ferramenta para investigar as diferenças perceptuais em grupos populacionais porque elas são “subjetivas”. Porém essa distinção é baseada na suposição errônea de que a imagem na retina representa fielmente as características físicas do estímulo apresentado e não passa por um processo de construção contínuo (56)(49).

Platão já alertava para a discrepância entre realidade e percepção em seu “Mito da Caverna” apontando para a possibilidade de nunca sermos capazes de enxergar a verdadeira realidade, ao ilustrar o diálogo metafórico entre Sócrates e Glauco. Neste diálogo pode-se exemplificar a visão de mundo estreita e ignorante advinda de uma condição extrema, onde homens acorrentados em uma caverna escura teriam como única e verdadeira a percepção de que as sombras, que sempre lhe foram familiares, fossem de fato pessoas reais (82).

Na verdade, a nossa visão do mundo não é meramente formada por meio de imagens construídas na retina, mas sim através de imagens interpretadas continuamente pelo nosso cérebro. Assim, as informações adquiridas pelas vias

visuais são codificadas e comparadas com outras informações armazenadas de experiências visuais anteriores, ou seja, apesar da representação física real do objeto (tamanho, forma, ângulo, distância) há que se considerar também as representações intrínsecas do observador que busca atribuir um significado ao que foi visto (45). A partir do reconhecimento de imagens e da combinação dos estímulos com os padrões disponíveis, o indivíduo constrói a cena do seu ponto de vista, o que, em última análise, determina o comportamento visualmente guiado (83).

Diante disto, pode-se considerar, que o desempenho em tarefas comportamentais reflete o processamento central cognitivo daquilo a que fomos expostos. Conseqüentemente, uma tarefa supostamente “objetiva” será também subjetiva pois ambas resultam de interação entre os critérios de processamento e resposta perceptuais (3). Por isso, as interpretações “errôneas” das imagens representadas através das ilusões visuais permanecem sendo consideradas valiosos métodos de pesquisa e janelas para a neurobiologia da percepção visual (1), visto que demonstram indiretamente a boa adaptação do sistema visual aos estímulos visuais padronizados na medida em que servem como um preditor do bom funcionamento visual e da percepção da cena visual (6). Nessa perspectiva, Kantrowitz et al. (2009), referem-se às ilusões visuais como importantes para a avaliação da integridade do sistema visual pois através de desenhos bidimensionais ilusórios pode-se testar os mecanismos sensoriais de ganho e integração da imagem a fim de determinar a interrelação entre os objetos no espaço tridimensional compreendendo a dinâmica visual (84).

Outro aspecto interessante diz respeito às propriedades biológicas básicas das ilusões, que podem ser utilizadas para exemplificar a importância dos estudos com imagens ilusórias. São elas: 1) não se pode ignorar uma ilusão mesmo sabendo que ela não faz sentido fisicamente; 2) uma ilusão só necessita de algumas frações de segundo para ser percebida; 3) a maioria das ilusões afeta pessoas de diferentes raças e culturas e de faixas etárias diferentes; 4) as ilusões podem ser percebidas ainda que a imagem esteja borrada (45). Neste sentido Miller (2000), demonstrou que a interpretação dessas imagens, em especial, está fortemente conservada no histórico evolutivo dos animais, o que

fortalece a hipótese de que a interpretação das imagens ilusórias é importante para a sobrevivência da espécie (45). Além desses fatos, vários princípios biológicos foram descobertos a partir do estudo das ilusões visuais, ainda que seja necessário compreender melhor aspectos psicológicos, clínicos, e a fisiologia da percepção visual ilusória (5).

Outro aspecto importante levantado por Colder (2011), é a necessidade de investigar os fenômenos ilusórios, a fim de integrá-los em teorias mais amplas entendendo-se a importância da percepção visual para a cognição (85). Para ilustrar a importância fundamental da integração percepção/cognição Richard Gregory (1996), eminente fisiologista que forneceu grande contribuição para o conhecimento do sistema visual, retoma em seu editorial o estudo de Isaac Newton sobre a percepção do arco-íris dentro dos princípios da física óptica (56)(86). Ele refere que, apesar de vermos o arco-íris, dificilmente seríamos iludidos pensando na imagem como um objeto normal, como uma casa por exemplo. Sabe-se que embora o arco-íris permaneça visualmente ilusório, tal percepção é capaz de encadear um comportamento, o que quer dizer que apesar de ser visto como um objeto não se espera poder andar sobre um arco-íris. Essa compreensão pode ser utilizada para ilustrar a ligação que existe entre a percepção e o comportamento, ou seja, nossa visão de mundo pode alterar a execução das nossas respostas comportamentais (56)(86).

1.3 O ESTRABISMO - COMPROMETIMENTOS VISUAIS, FUNCIONAIS E ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS CORRESPONDENTES

Percebe-se que o processamento da informação visual é um fenômeno complexo, que depende especialmente da aquisição tridimensional da imagem em qualquer posição espacial, de modo contínuo e ininterrupto e da transmissão dessa informação através de diferentes vias até a sua chegada a áreas específicas no Sistema Nervoso Central (15).

Além disso, para que haja a percepção visual de forma completa, é necessário que, durante o período crítico do desenvolvimento visual (do nascimento até os 7-10 anos de vida), todos os processos anatômicos e funcionais essenciais ao desenvolvimento visual tenham ocorrido adequadamente. Tais fenômenos incluem o desenvolvimento correto dos olhos e da movimentação ocular, o desenvolvimento das áreas cerebrais relacionadas à percepção visual, como a maturação da área V1 (córtex visual primário) além do desenvolvimento dos mapas retinotópicos corticais, conforme representado a seguir (Figura 9). Ao final de todo esse processo, o indivíduo adulto apresenta uma percepção visual ótima considerando-se a acuidade visual, visão de cores, percepção de contrastes e visão binocular tridimensional (17).

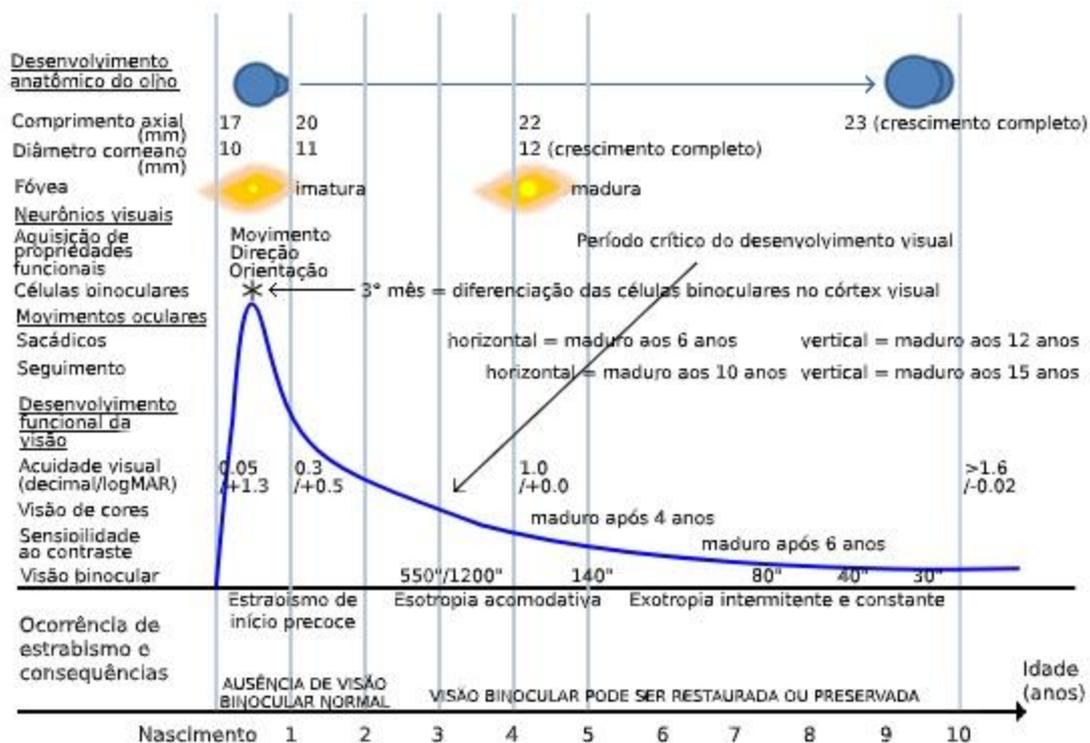


Figura 9 - Desenvolvimento visual normal em humanos e tempo de ocorrência do estrabismo. Fonte: Bui Quoc E, Milleret C. Origins of strabismus and loss of binocular vision. Front Integr Neurosci. 2014;8(SEP):1-19. (24)

Considera-se então que para que haja percepção visual perfeita todo o sistema visual (da retina até suas interconexões neurais centrais) precisa desempenhar suas funções em perfeita harmonia, sendo o cérebro o

responsável pela interpretação e significação daquilo que vemos, como nos diz Gregory, 1996:

“Sem um olho focado ou uma câmera, não há imagem no espelho... Mesmo quando as curvas ópticas de reflexão ou refração (como as miragens) são entendidas, o cérebro visual ignora esse conhecimento... Portanto, os olhos estão cegos às verdades conceituais.”(56)

A ocorrência de alterações no desenvolvimento visual, principalmente durante o período crítico de maturação, pode desencadear danos funcionais e anatômicos a todo o sistema visual, incluindo o Sistema Nervoso Central (17). O estrabismo é uma dessas alterações, sendo descrito desde a era Hipocrática (5º século A.C). Dentro da classificação de estrabismo encontra-se um grupo heterogêneo de desordens do desenvolvimento visual normal, com diferentes formas clínicas, que acomete desde crianças até adultos (Tabela 2). Em última análise, o estrabismo pode ser caracterizado por uma incapacidade da manutenção do alinhamento ocular de tal modo que os dois olhos não conseguem trabalhar conjuntamente (32) (87).

As alterações morfofuncionais encontradas nos pacientes estrábicos podem variar a depender do tipo de estrabismo, das sequelas apresentadas e da idade de início do desalinhamento ocular. Existem diversos tipos de estrabismo, por exemplo, o desvio pode ser convergente (Esotropia – ET) ou divergente (Exotropia – XT), pode ser horizontal ou vertical, pode ser intermitente ou permanente, pode variar em amplitude, pode ou não apresentar ambliopia associada e perda completa ou parcial da binocularidade (20).

Tal polimorfismo sustenta a hipótese de que haja múltiplas origens para o estrabismo, sendo mais predominantes atualmente duas linhas teóricas que de fato se complementam: a Teoria “Sensorial versus Motora” e a Teoria “Periférica versus Central”. O nome das teorias já sugere a explicação etiológica para os diversos tipos de estrabismo sendo que a primeira propõe que o estrabismo pode ter uma origem "sensorial" ou "motora", enquanto a última teoria sugere que o estrabismo pode ter uma origem "periférica" ou "central". Deste modo, os diversos tipos de estrabismo são classificados de acordo com as oposições “sensoriais versus motoras” ou “periféricas versus centrais” (17).

A classificação sensório-motora subdivide os tipos de estrabismo de forma resumida conforme descrito na Tabela 2 (88).

Tabela 2 - Critérios Diagnósticos dos Estrabismos. Fonte: Rohr JTD, Isaac CR, Correia CS. "Epidemiology of strabismus surgery in a public hospital of the Brazilian Federal District" [Revista Brasileira de Oftalmologia, 76, 5, Setembro/Outubro, (2017), (250-254)] DOI 10.5935/0034-7280.20170052. Rev Bras Oftalmol. 2017;76(6) (88)

Esotropia infantil (síndrome de Ciancia, esotropia congênita ou idiopática) Crianças neurologicamente normais com uma esotropia não-acomodativa constante que se desenvolveu até 6 meses de idade.
Esotropia acomodativa Desvio intermitente ou constante adquirido que reduz ou corrige 10DP ou mais após o uso de óculos hipermetrópico durante todo o tempo por pelo menos 3 semanas.
Esotropia não-acomodativa adquirida (esotropia essencial, comitante adquirida ou comitante não-acomodativa) Desvio não associado a esforço acomodativo e desenvolvido após 6 meses de idade.
Esotropia associada a anormalidade do sistema nervoso central Associada a distúrbios neurológicos ou do desenvolvimento, congênitos ou adquiridos, independentemente da idade ou da forma do estrabismo.
Esotropia tardia de início súbito (esotropia aguda do adulto) Adquirida em pacientes com mais de 8 anos de idade e acompanhada de diplopia constante.
Esotropia sensorial Associada a condições oculares unilaterais ou bilaterais que previnem a fusão normal.
Esotropia paralítica Desvios oculares em virtude da fraqueza dos músculos extraoculares decorrente de inervação anormal.
Esotropia consecutiva Surge ou de forma espontânea em paciente previamente exotrópico ou como resultado de supercorreção cirúrgica.
Esotropia com miopia Associada com alta miopia (> 10DE).
Outras esotropias Esotropia cíclica, síndrome de Duane, esotropia associada a distúrbios miopáticos ou restritivos (miastenia, miosite, fibrose dos músculos extraoculares, etc.) e formas indeterminadas ou que não preencheram os critérios para classificação dentro das categorias pré-estabelecidas.
Exotropia intermitente Alternância de períodos de paralelismo ocular com períodos de desvio manifesto, acompanhados por anormalidades sensoriais mínimas.
Exotropia constante Desvio adquirido em que o olho permanece em posição de abdução anômala.
Exotropia congênita Crianças neurologicamente normais com um desvio constante desenvolvido até 6 meses de idade.
Exotropia associada a anormalidade do sistema nervoso central Associada a distúrbios neurológicos ou do desenvolvimento, congênitos ou adquiridos, independentemente da idade ou da forma do estrabismo.
Exotropia sensorial Associada a condições oculares unilaterais ou bilaterais que previnem a fusão normal.
Exotropia paralítica Desvios oculares em virtude da fraqueza dos músculos extraoculares decorrente de inervação anormal.
Exotropia consecutiva Surge ou de forma espontânea em paciente previamente esotrópico ou como resultado de supercorreção cirúrgica.
Outras exotropias Formas indeterminadas de exotropia ou que não preencheram os critérios para classificação dentro das categorias pré-estabelecidas.
Desvio vertical puro Desvio vertical (hipertropia, hipotropia ou DVD) na ausência de desvio horizontal significativo (> 10DP).

Já a classificação que se baseia nos parâmetros de origem Periférica x Central, defende que os estrabismos de origem “Periférica” seriam resultantes de anormalidades nos próprios músculos extra-oculares e/ou em sua inervação, como por exemplo ocorre nas paralisias musculares (terceiro, quarto e sexto nervos cranianos), as síndromes especiais como a Síndrome de Duane e no estrabismo decorrente da doença de Graves, representando menos de 5% dos quadros de desalinhamento ocular. Em contraponto, os outros 95% seriam classificados como estrabismos de origem “Central” decorrentes de alterações em nível mais elevado, entretanto não sendo esclarecido precisamente seu local de origem, e sendo subdivididos dependendo: do tipo de desvio (estrabismo vertical ou horizontal, convergente ou divergente, com ou sem ciclotorção do olho); da idade de ocorrência de estrabismo (início precoce até 6 ou 8 meses, início tardio após 2,5 anos); e se o desvio é constante ou intermitente (17).

Milleret et al. (2014), acredita que ao considerar-se a retina como um prolongamento do Sistema Nervoso Central, várias alterações centrais poderiam ser responsáveis pelo estrabismo, incluindo desde *inputs* anormais da retina para o Sistema Nervo Central, assim como anormalidades na via córtico retinogeniculada, alterações no mapa retinotópico central, disfunções nas conexões inter-hemisféricas no corpo caloso, ativação e inibição anormal de áreas do colículo superior, núcleo geniculado lateral, tálamo e área visual V1, aferências anormais da musculatura extrínseca ocular para área V1, controle vergencial alterado na área da formação reticular medial e da formação reticular pontina além de atividade anormal em nível do cerebelo e das vias do sistema vestibular (17).

Outro aspecto importante para ambas as teorias seria a avaliação da binocularidade. Esta é definida como normal quando não há estrabismo, a acuidade visual é normal com fixação binocular, não há diplopia (visão dupla), a correspondência retiniana, amplitude de vergência e estereopsia são normais. Já a binocularidade subnormal ou anormal seriam definidas como um ou mais dos aspectos a seguir: correspondência retiniana anormal, supressão,

deficiência de esteropsia, ambliopia e/ou baixa amplitude de vergência fusional (17)(89).

As consequências previstas para o desenvolvimento ocular se tornam mais criticamente afetadas quando o indivíduo se torna estrábico em tenra idade. Nesta fase, observam-se diversas modificações no desenvolvimento visual tanto nas áreas centrais como periféricas, que podem ocasionar o desenvolvimento anormal das vias genículo-corticais e inter-hemisféricas através do corpo caloso, alterações nos reflexos morfo-funcionais, interações neuronais anômalas em neurônios da região visual primária V1 com respostas binoculares deficientes e reduzida sensibilidade a disparidade, além de alterações nas áreas visuais das correntes dorsal e ventral do processamento da imagem (17)(20)(90).

Tal ativação anormal dos neurônios binoculares em V1, reflete o fato de que os neurônios podem sustentar estímulos excitatórios de ambos os olhos, entretanto o olho de fixação neutraliza a resposta neural do olho desviado pela inibição, o que quer dizer que o indivíduo com estrabismo pode perder sua capacidade de integração binocular estereoscópica da imagem (17)(91)(92)(93). Além da perda da binocularidade, os movimentos oculares também podem ser anormais, o que decorre de alterações no controle periférico e/ou no comando a nível central. A soma de todas essas alterações no estrabismo de início precoce conduz à ambliopia e em última análise, à perda da visão binocular (17)(94).

A ambliopia, também popularmente descrita como “olho preguiçoso”, pode ser definida como a perda visual mono ou binocular de uma ou mais linhas de acuidade visual, consequente a privações no sistema visual ou interação binocular anormal. O estrabismo, ao causar a perda da visão binocular normal, é a principal causa de ambliopia, podendo comprometer outras funções como a sensibilidade ao contraste e a acuidade Vernier (habilidade do olho perceber pequenos deslocamentos espaciais de poucos arcos de segundo de um estímulo em comparação a outro estímulo sem desalinhamento)(95). Estudos demonstram que indivíduos ambliopes apresentam alterações morfológicas a nível central com déficits na conectividade das áreas visuais (V1 – V3) e resposta reduzida a medida que a informação visual requer processamento de alta ordem, o que explicaria atividades anormais na região do

córtex temporal e parieto-occipital além de déficits no comportamento motor visualmente guiado e na estereopsia (93).

Em relação à motilidade ocular, pacientes com história de esotropia de início precoce exibem várias anormalidades dos movimentos oculares (18)(25)(31)(27)(32)(49)(96)(97), que seriam análogas às assimetrias demonstradas no córtex cerebral (98)(99)(100) sendo relatados: nistagmo optocinético assimétrico, sendo mais fraco no sentido lento; movimentos persecutórios assimétricos, com dificuldade de rastrear objetos pequenos no sentido oposto ao desvio ocular, além de, referirem que alvos que se movem no sentido do estrabismo têm uma velocidade maior do que no sentido oposto, mesmo quando o estímulo apresentado tem a mesma velocidade objetiva (101).

Quanto à importância da investigação morfológica das vias visuais e suas possíveis alterações, os estudos clássicos de Hubel e Wiesel (1962, 1977), demonstraram a representação retinotópica no córtex visual primário (102)(103) e abriram caminho para os pesquisadores modernos na busca por alterações no córtex cerebral de pacientes portadores de estrabismo com e sem ambliopia (18)(93)(98)(99)(100). Estudos apontam para a presença de anormalidades nos mapas corticais e nas colunas de organização dos atributos das cenas visuais cujo desenvolvimento depende da experiência pós-natal, afetada nos pacientes com estrabismo. De igual modo, conexões horizontais entre as camadas de processamento visual, ativações neuronias de respostas binoculares, conexões inter-hemisféricas, ativações intra-corticais, sincronismo e interação entre as regiões cerebrais, para além da área V1, mostram-se deficitárias, mesmo em estrábicos não amblíopes (17)(18)(90).

Chan et al. (2004), em estudo preliminar com 10 indivíduos portadores de exotropia (sem suspeitas de doenças do Sistema Nervoso Central, 8 amblíopes e 2 não amblíopes) comparados com 10 controles normais, utilizando a técnica de Ressonância Nuclear Magnética Funcional (RNMF) constataram que o volume de substância cinzenta em adultos estrábicos foi menor do que em indivíduos normais. A diminuição volumétrica foi observada nas áreas do campo ocular occipital e no campo ocular parietal. Entretanto, os autores relataram maior volume de substância cinzenta nas áreas do campo ocular frontal, campo ocular

suplementar, córtex pré-frontal e regiões subcorticais, como o tálamo e os gânglios da base. Os autores acreditam que essas alterações da substância cinzenta nas áreas de processamento visual e oculomotor são compensatórias a fim de tentar reparar os distúrbios morfo-funcionais presentes nesses indivíduos (104).

Xiao et al. (2007), em estudo utilizando RNMf para detecção de anormalidades no córtex visual de crianças com ambliopia, avaliaram 30 pacientes amblíopes devido a estrabismo ou anisometropia em comparação com controles normais e relataram que, nos resultados da análise morfométrica, o grupo amblíopico apresentou diminuição da densidade de substância cinzenta no giro frontal médio, giro para-hipocampal, giro fusiforme, giro temporal inferior do hemisfério esquerdo e córtex calcarino bilateral comparado aos indivíduos do grupo controle (100).

Yang et al. (2014), avaliou o fluxo sanguíneo cerebral em portadores de Esotropia Infantil. Cinco indivíduos esotrópicos e 8 sujeitos normais tiveram seu fluxo cerebral mensurado em RNMf enquanto observavam estímulo visual vergencial (E de Snellen) por 10 segundos, demonstrando-se diferença nas áreas centrais ativadas entre os dois grupos. Os autores demonstraram que em indivíduos estrábicos ocorre ativação de áreas distintas como forma de compensação as disfunções de fusão binocular, sendo maior o fluxo sanguíneo no giro cingular esquerdo, pré-cuneos bilateralmente e o giro angular esquerdo. Já em pacientes normais, as áreas de controle da fusão binocular tem seu *locus* cerebral no giro frontal bilateral e no córtex visual lingual esquerdo (105).

Li et al. (2016), avaliou RNMf de 8 sujeitos portadores de Exotropia intermitente não amblíopes comparados com 7 sujeitos controles tendo observado aumento da intensidade de ativação das áreas do lobo parietal superior bilateralmente e do lobo parietal inferior nos pacientes estrábicos, além de diminuição do volume da substância cinzenta occipital e parietal com aumento volumétrico compensatório nas áreas do campo frontal e pré-frontal do córtex indicando remodelamento central como forma de compensação das disfunções na fusão binocular (106).

Já Ouyang et al. (2017), em pesquisa com RNMf e VBM (morfometria por voxel), avaliaram 20 pacientes com estrabismo concomitante de início precoce, sem ambliopia porém com acometimento da visão binocular (15 esotrópicos e 5 exotrópicos) em comparação com 20 indivíduos saudáveis pareados por sexo, idade e peso corporal, tendo encontrado atrofia na substância branca e cinzenta, nas regiões do giro temporal médio esquerdo, giro temporal médio direito, pré-cuneus direito e córtex pré-motor direito para a substância branca e nas regiões cerebrais do pólo temporal médio esquerdo, lobo posterior do cerebelo esquerdo, córtex cingulado posterior direito, cuneus esquerdo e córtex pré-motor direito na substância cinzenta (99).

Tan et al. (2018), demonstrou que 30 pacientes portadores de exotropia exibiram valores de atividade cerebral espontânea significativamente diminuídos no lobo posterior do cerebelo direito, giro frontal inferior direito, giro frontal médio direito e lóbulo parietal superior direito, além de e valores aumentados de atividade cerebral no giro temporal superior direito, cíngulo anterior bilateral e lóbulo parietal inferior esquerdo, o que poderia explicar uma compensação da função cerebral para os distúrbios encontrados nesses pacientes (98).

Shi et al. (2019), em estudo transversal controlado avaliou as resposta de 14 adultos portadores de exotropia comparados a 16 voluntários saudáveis considerando o método de homogeneidade regional, que avalia a atividade espontânea do cérebro durante a RNMf. Comparado aos controles, os indivíduos estrábicos apresentaram aumento da atividade espontânea cerebral em V2 e diminuição da atividade na área 47 de Brodmann (porção orbital esquerda do Giro Frontal Inferior). Os autores advogam que o giro Lingual (localizado na área 18 de Brodmann) é um importante componente da área V2 desempenhando notável papel em funções como identificação de expressões faciais, emoções e reconhecer palavras. Já a Área 47 de Brodman, está envolvida em tarefas como o processamento da linguagem, memória de trabalho, controle de movimento fino e processamento de empatia com conexões anatômicas para outras áreas visuais e límbicas. Portanto, de acordo com os autores tais achados poderiam ser interpretados como subtrato neural para apoiar as disfunções na estereopsia e controle motor fino em portadores de Exotropia (107).

Yin et al. (2021), em estudo transversal controlado e pareado avaliaram a espessura cortical e a amplitude de flutuação das ondas de baixa frequência cerebral (refletindo a atividade funcional espontânea cerebral) em 26 pacientes portadores de Estrabismo Convergente, não amblíopes e sem desordens neurológicas, com idade entre 8 e 15 anos. Os resultados apontaram que os indivíduos portadores de Estrabismo Convergente apresentaram aumento da espessura cortical no giro pré-central esquerdo e giro angular direito, enquanto diminuição da espessura cortical no sulco intraparietal esquerdo, sulco parieto-occipital, giro temporal superior e médio, córtex pré-motor ventral direito, ínsula anterior, córtex orbitofrontal e lóbulo paracentral. Com relação à atividade espontânea cerebral, os pacientes estrábicos apresentaram aumento da flutuação das ondas de baixa frequência no córtex pré-frontal e giro temporal superior e diminuição da flutuação no núcleo caudado e hipocampo. Os autores pressupõem que tais alterações poderiam impactar no processamento cognitivo desses indivíduos (108).

Corroborando esses achados, para além dos aspectos morfológicos, de movimentação ocular, definições e classificações teóricas, encontram-se também nos pacientes estrábicos relatos quanto a dificuldades no controle postural (18)(28)(30) e diminuição da velocidade de leitura (26)(29), além do impacto amplamente discutido sob a qualidade de vida do indivíduo (109)(110)(111) (112).

Gaertner et al. (2013), em investigação do controle postural em pacientes com estrabismo de início precoce, relatam alterações mesmo em indivíduos que não apresentam ambliopia. Participaram do estudo crianças de 6 a 17 anos, sendo 11 indivíduos estrábicos não submetidos à cirurgia anteriormente, além de 13 crianças em situação de pós-operatório para correção de estrabismo. Os resultados foram comparados a estudo anterior de mesma metodologia que avaliou crianças não estrábicas. Os pesquisadores relataram que os pacientes com estrabismo divergente apresentaram pior estabilidade postural na convergência. Já para os estrábicos com desvio do tipo convergente, a estabilidade postural foi pior quando foi necessário divergir. Os autores relataram também maior oscilação ântero-posterior do corpo à medida em que o ângulo de

desvio aumenta, salientando-se que para manter a postura corporal, o estrábico necessita de maior esforço devido a sua dificuldade em integrar as informações dos *inputs* visuais (30).

Quanto à velocidade de leitura, Kanonidou et al. (2013), realizaram um estudo com adultos, em que avaliaram 15 pacientes portadores de ambliopia estrabísmica em comparação a 18 controles saudáveis em três situações de leitura diferentes (binocularmente, somente olho dominante e somente olho amblíope). Os pesquisadores ressaltaram que em todas as condições os estrábicos apresentam maior tempo de duração de fixação e maior número de sacadas em comparação aos indivíduos não estrábicos e que tal fato independe da acuidade visual, sendo ainda pior no amblíope onde a velocidade de leitura se torna pior diante das condições de binocularidade e diminuição do tamanho da fonte (26).

No que tange à qualidade de vida, Schuster et al. (2019), em recente pesquisa populacional avaliaram cerca de 580 crianças estrábicas em um universo de aproximadamente 12.000 crianças (de zero a 17 anos) assistidas pelo *German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents KiGGS*, em que aplicaram o questionário KINDL-R. Os resultados mostraram que o estrabismo foi associado negativamente pelos pais ao "bem-estar físico", ao "bem-estar emocional", à "auto-estima" e aos "amigos", com baixos escores no nível de qualidade de vida. De igual modo, a qualidade de vida relacionada à saúde autorreferida em relação à "família" e aos "amigos" também apresentou-se prejudicada em crianças e adolescentes com estrabismo (112).

1.3.1 Benefícios Funcionais, Sensoriais e Motores Após a Cirurgia de Estrabismo

A cirurgia de estrabismo é a estratégia mais utilizada para tentar estabelecer o melhor alinhamento ocular em pacientes portadores de estrabismo (18)(113). Através da mobilização física dos músculos extra-oculares o cirurgião procura reestabelecer o alinhamento ocular (113), entretanto, muito além do ato de recolocar os olhos em posição de ortotropia, ou o mais próximo possível a isso, o procedimento de correção do estrabismo tem demonstrado efeitos sob diversos aspectos no que tange às modificações estruturais e funcionais no paciente operado (31)(29)(101)(109)(111).

De grande interesse entre os estudos que abordam as mudanças pós-cirúrgicas estão trabalhos sobre os aspectos da movimentação ocular. Norcia et al. (1995), avaliaram 34 pacientes portadores de estrabismo de início precoce, referindo que tais sujeitos apresentaram alterações na resposta oculomotora, tanto no que diz respeito aos movimentos oculares persecutórios quanto à identificação de velocidade do objeto, sendo ambos assimétricos. Em sua pesquisa, a partir do uso do potencial visual evocado de movimento oscilatório monocular (PVEs), os autores compararam o status de processamento visual de movimento em pacientes saudáveis portadores de esotropia de início precoce entre 9 meses a 3 anos de vida, antes e após a cirurgia de alinhamento ocular em contraposição a controles saudáveis. Os autores observaram que após a cirurgia ocorreu melhora nas respostas de VEPs (mais semelhantes ao normal) em pacientes operados precocemente sendo os resultados mantidos por longo período (1,8 anos de seguimento pós-operatório) o que, de acordo com os autores, reforça a Teoria de Período Crítico e contradiz a hipótese de que tal subtipo de estrabismo seria advindo da ausência de fusão em nível central (101).

Bucci et al. (2002), conduziram estudo abordando a qualidade da coordenação dos movimentos binoculares nas sacadas. Foram avaliados 8 sujeitos estrábicos (5 portadores de estrabismo convergente e 3 portadores de estrabismo divergente), entre 5 – 15 anos de vida, através do dispositivo Skalar

IRIS antes e 3 semanas após a cirurgia de estrabismo. O estudo apontou que após a cirurgia, tanto o desvio estático (tamanho do estrabismo) como os movimentos não conjugados (desconexão) entre olhos tenderam a melhorar, ou seja a diferença de movimento entre os olhos é menor ($p < 0,003$), sendo a média similar à média observada em sujeitos normais, apesar de não haver incremento na velocidade sacádica após a cirurgia ($p = 0,21$), que pelo contrário se torna mais lenta, fato similar ao observado em outros estudos. Os autores argumentaram que tais resultados vem reforçar a hipótese de uma adaptação em nível central no pós-operatório de estrabismo, o que poderia refletir em última análise, que uma modificação na posição dos olhos poderia realinhar as representações retinianas em nível do Sistema Nervoso Central a ponto de induzir a melhorias na conjugação binocular dos movimentos sacádicos (31).

Ainda abordando os movimentos oculares, Bucci et al. (2009), avaliaram características espaço-temporais dos movimentos horizontais (sacadas, vergência e movimentos combinados) em condições de binocularidade. Os autores ressaltaram que tais movimentos apresentam grande importância, pois são os movimentos oculares mais utilizados na mudança de posição do olhar a fim de focar o objeto de interesse e explorar o ambiente onde vivemos. Nove indivíduos (entre 8 a 20 anos de idade), com estrabismo desenvolvido antes dos 2 anos de vida, foram avaliados (3 com estrabismo divergente e 6 com convergente). Utilizando o dispositivo fotoelétrico Oculometer Bouis, os movimentos oculares foram gravados enquanto os sujeitos fixavam estímulo visual padronizado próximo (20 cm) e a distância (150 cm). Os movimentos sacádicos e vergenciais foram avaliados isolada e conjuntamente, sendo demonstrado que houve incremento da acurácia do movimento, particularmente no seu componente vergencial após a cirurgia. No referido estudo, o ganho de convergência (amplitude de movimento ocular / movimentação do alvo de fixação) no grupo estrabismo foi significativamente menor antes da cirurgia em comparação a sujeitos normais ($p < 0,05$), e se aproxima do normal no pós-cirúrgico ($p < 0,05$). Quanto à acurácia do movimento sacádico, os autores apontaram melhora significativa na acurácia pós-cirúrgica ($p < 0,001$) tanto no olho dominante como no olho não dominante para visualização do alvo próximo. De igual modo, a acurácia de convergência que era pobre no pré-cirúrgico

apresentou melhora significativa no pós-cirúrgico ($p < 0,001$), e os resultados permaneceram estáveis entre 4 a 9 meses após o procedimento cirúrgico. Nos indivíduos testados as mudanças não estiveram correlacionadas com o tipo de desvio, desvio residual pós-operatório, tipo de cirurgia aplicada ou tempo entre diagnóstico e cirurgia.

Os autores também avaliaram a média de velocidade do movimento (amplitude de movimento/ duração) que foi similar nos indivíduos estrábicos e normais, entretanto os indivíduos estrábicos apresentaram lentidão no movimento de convergência pura se comparado a indivíduos normais ($p < 0,05$). A média de velocidade aumentou significativamente após a cirurgia para os movimentos de convergência ($p < 0,004$) e para a divergência combinada a sacadas ($p < 0,04$), entretanto, para os outros tipos de movimento não houve efeito substancial. Os autores concluíram discutindo que os pacientes estrábicos são capazes de localizar um alvo próximo e a distância, pois a acurácia das sacadas se aproxima da normalidade, entretanto os movimentos vergenciais e combinados são anormalmente pobres tanto em acurácia como em velocidade, o que poderia ser consequência de comandos sensoriais anormais. Nesse sentido, a cirurgia do estrabismo melhoraria significativamente a precisão dos movimentos de convergência e divergência pura e combinada, tornando a trajetória do movimento mais suave e aumentando a velocidade do movimento (27).

As modificações na velocidade dos movimentos oculares pós-cirurgia de estrabismo também foram estudadas de maneira indireta por Ridha et al. (2014), ao avaliarem a habilidade de leitura em 15 pacientes (13 esotrópicos e 2 exotrópicos, sendo 8 meninos : 7 meninas) de 5 -14 anos de idade, antes e após a cirurgia. Os autores utilizaram a escala *3-Minutes Reading Assessments: Word Recognition, Fluency, and Comprehension: Grades 1-4 and Grades 5-8*, para acessar a habilidade de leitura dos indivíduos através da contagem de palavras lidas por minuto (velocidade de leitura), acurácia do reconhecimento de palavras e fluência da leitura. Os parâmetros foram mensurados 1-2 semanas antes e 6 semanas após a cirurgia, sendo observado uma melhora de 10,2 palavras na velocidade de leitura, 4 % na acurácia e 2 pontos na escala de

fluência em média ($p < 0,05$). Os autores concluíram que a cirurgia apresenta efeitos positivos sobre os três parâmetros avaliados mesmo após curto período pós-operatório e inclusive em casos em que permaneceu um desvio residual. Ressaltaram ainda que o efeito positivo da cirurgia sobre a habilidade de leitura poderia ser decorrente da melhora de aspectos como a longa duração da fixação, coordenação binocular pobre, má estereopsia e baixa qualidade de vida habitualmente encontrados nos pacientes estrábicos (29).

Mais tarde, Mihara et al. (2019), também publicaram os seus resultados em relação à velocidade de sacadas horizontais em pacientes com exotropia antes e após a cirurgia de recuo-resssecção monocular do olho não dominante (6 – 12 semanas). O estudo realizado foi do tipo caso-controle em que foram avaliados 18 pacientes com exotropia (média etária 26,8 anos) e 20 controles (média etária 29,9 anos), todos com acuidade visual 1,0 em ambos os olhos. Avaliou-se o pico de velocidade (PVs) do movimento sacádico monocular (adução e abdução) através do sistema Eye-tracking antes e após a cirurgia comparando-se os resultados com controles normais não estrábicos. Os autores reforçaram a importância dos movimentos sacádicos na localização dos alvos visuais, e que o pico de velocidade sacádica se correlacionaria com a amplitude da sacada. Encontrou-se que os PVs foram significativamente maiores o grupo com exotropia tanto no olho dominante como no não dominante ao se comparar com os controles normais. Após a cirurgia, o PVs do olho não dominante tendeu a diminuir em abdução ($p=0,016$), e a média aproximou-se da encontrada em sujeitos normais. Os autores concluíram referendando estudos morfológicos progressos que apontaram alterações nos núcleos centrais na formação paramediana pontina de macacos estrábicos e justificaram que a melhora da PVs pós-alinhamento ocular poderia ser influência de modificações nestes núcleos centrais sendo necessários mais estudos a respeito (114).

Nesse perspectiva, as pesquisas com modelos animais em primatas conduzidas por Pulella et al. (2016 e 2018), procuraram reproduzir e explicar os achados anteriormente encontrados em pacientes estrábicos. Em sua pesquisa de 2016, os autores avaliaram mudanças pós-operatórias (0, 1 dia após cirurgia, 1 semana após, 1 mês após e 6 meses pós cirúrgico) no alinhamento ocular e

movimentos oculares em 2 macacos reshus jovens (6 anos de vida, 9 -10 Kg de peso) com exotropia prévia induzida via óptico-prismática desde o primeiro dia de vida dos animais. Como planejamento cirúrgico, realizou-se recuo–resseção monocular com redução imediata do desalinhamento em 70 %, entretanto com queda da taxa de alinhamento a longo prazo (6 meses após a cirurgia). Os aspectos quanto à movimentação ocular foram coletados utilizando a técnica de bobina magnética implantada na esclera dos animais e os estímulos visuais gerados através do gerador de estímulos visuais BITS (Cambridge) e Psychtoolbox 3. Os parâmetros que se modificaram foram a velocidade das sacadas, do movimento de seguimento, estabilidade de fixação e coordenação binocular, com ganho no pós-imediato, entretanto observou-se retorno aos valores pré-cirúrgicos após 6 meses de cirurgia. Os autores ressaltaram que neste estudo não foi possível a melhora completa do desalinhamento ocular (melhora de 70 %), o que poderia explicar o retorno dos parâmetros ao nível pré-cirúrgico. Isto porque a manutenção das melhorias pós-cirúrgicas dependeria de modificações induzidas pela cirurgia a nível da musculatura ocular extrínseca além de uma integração com fatores determinantes da binocularidade em nível central, ou seja, mudanças permanentes só são possíveis quando ocorre uma combinação desses dois fatores. Nesse sentido, o alcance do alinhamento ocular total (ortotropia) ou desvio residual de 5-10 dioptrias prismáticas tende a facilitar a binocularidade (113).

Já Pullela et al. (2018), avaliaram a neuroplasticidade pós-cirúrgica envolvendo as respostas adaptativas sensoriais cerebrais e na musculatura ocular extrínseca no pós-operatório de estrabismo divergente. Utilizando os mesmos dois modelos animais do estudo anterior (113) os autores rastrearam as respostas neuronais no núcleo do nervo oculomotor e abducente antes e após a cirurgia (até 10 meses de pós-operatório) e estimaram o impulso neural enviado aos músculos extrínsecos oculares. Os resultados demonstraram que ocorrem alterações no impulso neural enviado pelos núcleos cerebrais centrais para os músculos extrínsecos oculares reforçando a hipótese de que o alinhamento ocular alcançado não se deve somente à modificação física no posicionamento muscular cirúrgico. Interessantemente, seus resultados identificaram que a plasticidade neuronal pode atuar na intenção de reverter o

alinhamento alcançado na cirurgia o que poderia explicar o insucesso e taxa de reoperação observadas no estrabismo, em particular, do tipo divergente. Por fim, os autores reforçam que o entendimento do papel da plasticidade neuronal é essencial para compreender a manutenção do resultado de alinhamento ocular pós-operatório e que estratégias cirúrgicas podem ser pensadas para prevenir essa má adaptação neuronal (115).

Quanto ao aspecto morfológico, em recente protocolo de ensaio clínico não-randomizado, Guo et al. (2022), selecionaram 90 pacientes entre 18 e 40 anos (45 portadores de exotropia intermitente que estão em follow-up pós-cirúrgico de seguimento clínico e 40 controles pareados por sexo e idade) e estão aferindo os resultados funcionais alcançados com a cirurgia e as modificações morfológicas cerebrais documentadas por BOLD-RNMf. Em estudo pré-experimental foi avaliado o fluxo sanguíneo cerebral na RNMf em repouso pré e pós operatório demonstrando-se aumento significativo do fluxo sanguíneo cerebral no lobo parietal inferior bilateral, giro occipital médio direito e giro frontal inferior e diminuição do fluxo sanguíneo cerebral no giro pós-central bilateral, giro pré-cúneo e giro pré-central direito de pacientes com Exotropia Intermitente no pós-operatório. O estudo ainda está em condução com expectativas de resultados finais, que associem as melhorias no alinhamento ocular e as mudanças observadas na RNMf, em Agosto de 2023 (116).

Quanto ao aspecto da estereopsia, Lal et al. (2002), abordaram a perda da visão tridimensional em adultos portadores de estrabismo adquirido. Os autores selecionaram 21 sujeitos portadores de estrabismo adquirido de grande ângulo, sem sinais de posição viciosa de cabeça e com estereopsia zero no pré-operatório. A média etária foi de 59 anos e a estereopsia foi avaliada em 3 tempos: antes da cirurgia, no pós-operatório recente (média de 8 semanas após a cirurgia) e no pós-operatório tardio (média de 12 meses após a cirurgia). A pesquisa demonstrou que mesmo adultos com grande ângulo de estrabismo adquirido podem apresentar estereopsia mensurável após a cirurgia de alinhamento ocular recuperando a estereopsia que haviam perdido (50% dos casos voltaram a apresentar estereopsia fina) advogando-se em conclusão que os mecanismos que conduziram ao estrabismo poderiam interferir na

recuperação da estereopsia, sendo a mesma impossível em pacientes que apresentaram dano ou interrupção das vias de fusão central (devido a trauma, tumores, desmielinização, acidente vascular cerebral entre outros) (117).

Fawcett et al. (2004), também relataram a melhora pós-cirúrgica da estereopsia. No estudo foram avaliados 23 pacientes com estrabismo constante adquirido após 9 anos de vida, incluindo todos os tipos de desvio (convergente, divergente, vertical ou combinado). Os participantes tinham, na época da pesquisa, entre 14 e 85 anos de idade e necessariamente apresentavam algum grau de estereopsia pré-operatória. Foram excluídos portadores de afecções neurológicas, amblíopes, assim como casos de estrabismo adquirido antes dos 9 anos de vida. A estereopsia foi avaliada através do teste de pontos aleatórios ("Random dot"). Vinte e dois dos 23 pacientes arrolados no estudo apresentaram melhora em sua estereopsia após o alinhamento ocular cirúrgico. A qualidade da visão tridimensional esteve intimamente ligada ao tempo de permanência do desvio ocular, sendo tanto pior quanto maior o tempo de estrabismo (estrabismo < 12 meses, estereopsia média de 60 segundos de arco comparado a 400 segundos de arco nos casos de duração do estrabismo maior do que 12 meses, $p = 0,001$) e sem associação ao tipo de desvio em si. A presença de capacidade macular de fusão também esteve relacionada com melhor estereopsia final ($p=0,001$), assim como o sucesso cirúrgico quanto ao estrabismo residual (pacientes com ortotropia ou ortotropia intermitente apresentaram média de 100 segundos de arco de estereoacuidade, enquanto pacientes com desvio residual de 4 a 8 DP média de 2000 segundos de arco, $p=0,03$). Os autores concluíram que o alinhamento ocular precoce pode possibilitar a restauração da estereopsia normal (118).

Entretanto, a presença e ganho de estereopsia pós-cirúrgica não é universal no estrabismo - pelo contrário - assim, outra interessante forma de mensurar a função binocular da visão é por meio do estudo da Somação Binocular (BiS). A BiS é representada como a melhora na acuidade visual ao utilizar a visão binocular, ou seja, dos dois olhos em conjunto. Pineles et al. (2015), avaliaram a BiS em 90 pacientes estrábicos antes e após alinhamento ocular, através do teste Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS),

Lea Symbol e Low-Contrast Visual Acuity (LCA) de alto e baixo contraste (2,5 % e 1,25 % respectivamente). Os pacientes apresentaram média etária de 35,5 anos (2,5 – 90 anos de idade) e diversos tipos de estrabismo tanto convergentes quanto divergentes. O resultado cirúrgico foi considerado satisfatório em 75 casos (ortotropia ou desvio residual de no máximo 10 dioptrias). A BiS foi calculada subtraindo-se o escore de visão binocular da acuidade visual encontrada no melhor olho, do valor de visão monocular do melhor olho, em três momentos distintos (antes, 1 mês após e de 6-10 meses após a cirurgia). Um escore de cinco ou mais demonstrava somação binocular, já escore menor do que 5 foi interpretado como inibição binocular, ou seja, nestes casos utilizar os dois olhos simultaneamente para visão do objeto do estudo tornou-se prejudicial a visão final do paciente. Os autores observaram melhora da média do Bis em 1,3 letras para tabela ETDRS, 1,4 letras para a tabela LCA 2,5 % e 1,9 letras para LCA 1,25 %, sendo que na tabela de baixo contraste o escore saiu de negativo para positivo, ou seja, de inibição para somação binocular. Subdividindo os tipos de estrabismo, os autores ressaltaram que pacientes portadores de esotropia congênita apresentaram a maior deterioração da BiS no decorrer do pós-operatório, assim como piores níveis de BiS com menores melhorias no escore. Estudos prévios já apontavam para diminuição da BiS em pacientes estrábicos, que, de fato, chegavam a apresentar inibição binocular em situações de baixo contraste. As melhorias na BiS foram maiores no teste de baixo contraste (aumentando de 13% para 26% dos pacientes no pós-operatório) com taxa de inibição de somação caindo de 22 % para 14 % após alinhamento ocular (92).

Outro aspecto em que se observa o impacto positivo da cirurgia é o controle postural no paciente. Estudo de Bucci et al. (2016), avaliaram 26 pacientes estrábicos (entre 4,6 e 24,8 anos de idade, média 8,4 anos de vida) através da plataforma TechnoConcept. Foram incluídos indivíduos com estrabismo convergente e divergente (9 com esotropia infantil, 1 com esotropia adquirida após 2 anos de vida, 11 crianças com exotropia intermitente, 2 crianças com exotropia adquirida). A acuidade visual encontrada foi melhor ou igual a 20/62. Oito crianças apresentavam algum grau de estereopsia antes da cirurgia (entre 120 a 60 segundos de arco) e outras 15 não apresentavam visão

binocular. O controle postural das crianças foi avaliado em 3 condições visuais: visão binocular (BEV), visão monocular com o olho dominante (DEV) e visão monocular com o olho não dominante (NDEV). Os resultados demonstraram que após a cirurgia ocorreu melhora significativa do controle postural, incluindo a condição de visão monocular com olho não dominante. Tal aspecto vem ao encontro do considerável papel do *input* visual e reforça a importância da melhora da informação visual pós-cirúrgica para a estabilidade postural (28).

Para além dos benefícios sensoriais e motores no pós-operatório de pacientes estrábicos, deve-se destacar o grande impacto positivo que a cirurgia de alinhamento ocular tem sobre a qualidade de vida desses indivíduos (111). Ribeiro et al. (2014), entrevistaram 101 indivíduos portadores de estrabismo entre 7-67 anos de vida (média 22,7 anos), em que 53,4 % eram menores de 18 anos e 61,4%, do sexo feminino. A maioria dos indivíduos apresentava estrabismo convergente, seguidos por estrabismo divergente e outros tipos de estrabismo. No momento da pesquisa, cerca de 75% dos pacientes ainda não haviam realizado cirurgia para correção do estrabismo e 24,8% já havia se submetido à cirurgia. Os autores elaboraram um instrumento específico de entrevista baseado no questionário de qualidade de vida AS-20, que envolve aspectos funcionais e psicossociais em 20 questões semiestruturadas. O AS-20 busca acessar interação social e no ambiente de trabalho, percepção sensorial e limitações da vida diária. Os resultados demonstraram que o estrabismo apresentou aspectos negativos quanto à percepção sensorial e psicossocial que exerciam grande influência sobre a vida do paciente a ponto de afetar suas relações interpessoais, autopercepção do indivíduo, ocasionar distanciamento social, percepção de dificuldade na leitura, aumento da ansiedade, dificuldade na percepção de profundidade dos objetos e dificuldades de atenção. Comparando-se os indivíduos que não realizaram cirurgia com aqueles que já foram operados, os autores relataram a melhora no escore total de qualidade de vida após o procedimento de alinhamento ocular ($p < 0,001$) (109).

Já em 2016, pesquisa realizada por Xu et al. (2016), também avaliou a qualidade de vida de pacientes estrábicos. A amostra foi composta por cento e vinte e dois adultos (86 com exotropia, 34 com esotropia e 31 com desvio

vertical) acompanhados durante 1 ano. Seus resultados quanto ao escore de qualidade de vida *Health-related quality of life* (HRQOL), foram comparados a 89 controles sem estrabismo pareados por idade. O questionário HRQOL aborda questões psicossociais e funcionais como autopercepção, confiança e estilo de vida preferido. Noventa pacientes (73,7%) apresentaram resultado de alinhamento satisfatório (definido como desvio horizontal residual não maior do que 10 dioptrias e vertical até 5 dioptrias e ausência de diplopia) e melhor valor no escore de qualidade de vida total em relação aos pacientes que não atingiram o objetivo de alinhamento ocular. Ao comparar os escores dos pacientes estrábicos com os controles normais observou-se que apesar da melhora no pós-operatório os escores ainda se encontram inferiores ao observado nos controles. Aspectos como sucesso cirúrgico, melhor autopercepção do desvio e menor faixa etária, estiveram relacionados com melhor qualidade de vida no escore total. Os resultados positivos se mantiveram a longo prazo, entretanto apesar das melhorias na qualidade de vida somente cerca de 30 % dos pacientes com sucesso cirúrgico apresentaram a longo prazo escore de qualidade de vida que se assemelhasse ao referido pelos controles (111).

Inegavelmente, os diversos trabalhos apontados corroboram a hipótese de melhorias funcionais, sensoriais, motoras e psicológicas de forma ampla no pós-operatório do paciente portador de estrabismo. Entretanto, observa-se carência de estudos que abordem a percepção visual ilusória neste grupo populacional.

O estudo das ilusões visuais pode agregar grande conhecimento ao entendimento da percepção visual no paciente estrábico. A análise da percepção ilusória pode possibilitar a avaliação da funcionalidade e comportamento visual, que pode refletir de forma indireta o remodelamento no processamento da imagem em nível central nesses indivíduos antes e após o alinhamento ocular em comparação à pacientes não estrábicos e com visão binocular normal.

Nessa perspectiva, está inserido o presente estudo que investigou em uma amostra de crianças portadoras de estrabismo atendidas no Hospital Regional da Asa Norte em Brasília-DF, a percepção visual ilusória anteriormente e posteriormente à cirurgia corretiva. É importante ressaltar que outros estudos

sobre percepção visual ilusória têm sido desenvolvidos em humanos e primatas no Laboratório de Neurociência e Comportamento no qual esta pesquisadora está inserida. Assim, este projeto se beneficiou de metodologias já desenvolvidas no laboratório para a presente investigação, com o diferencial de agora utilizarmos uma amostra clínica em estudo dividido em duas partes do tipo Estudo Analítico Transversal Controlado e Ensaio Clínico Longitudinal. Resultados advindos desta investigação poderão colaborar para uma maior compreensão do fenômeno da percepção visual de ilusões em portadores de estrabismo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a percepção visual das ilusões geométricas: Vertical-Horizontal, de Müller-Lyer (versão Brentano), e de Ponzo em pacientes portadores de estrabismo cirúrgico de diferentes tipos etiológicos em comparação com o Grupo Controle (indivíduos saudáveis não estrábicos) quanto a suscetibilidade ilusória e tempo de resposta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar alterações na percepção visual das ilusões geométricas: Vertical-Horizontal, de Müller-Lyer (versão Brentano) e de Ponzo antes e depois da cirurgia de correção de estrabismo comparando-se o paciente em sua própria evolução temporal e em comparação com o Grupo Controle.

Verificar a ocorrência de possíveis correlações entre a percepção visual das ilusões geométricas: Vertical-Horizontal, de Müller-Lyer (versão Brentano), e de Ponzo com as variáveis: a) idade, b) sexo, c) tipo de estrabismo (divergente, convergente, vertical), d) período de surgimento do estrabismo (congenito ou infantil), e) tamanho do desvio ocular em dioptrias prismáticas (pequeno, médio ou grande), f) presença de desvio vertical associado, g) presença de estereopsia e h) presença de ambliopia.

3 MÉTODOS

3.1 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto de pesquisa relativo ao estudo em questão foi submetido na plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética da Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde/ FEPECS/ SES/ DF sob o número CAAE: 83515717.7.3001.5553 e pelo comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (UnB) sob o número CAAE: 83515717.7.0000.0030 (Anexo 1). O presente projeto também se encontra registrado no ReBEC (Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos), sob número RBR-4tzjic3.

3.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Trata-se de estudo do tipo Ensaio Clínico realizado com portadores de estrabismo atendidos no setor de Estrabismo do Hospital Regional da Asa Norte (para pacientes do Grupo Casos), e com alunos de escolas públicas do Distrito Federal (para voluntários do Grupo Controle) a saber, Escola Classe 104 de São Sebastião, CAIC Juscelino Kubitschek no Núcleo Bandeirante e Colégio Militar Dom Pedro II.

O estudo foi desenvolvido em duas fases, a saber:

- Estudo Analítico Transversal Controlado
- Ensaio Clínico Longitudinal

Na Fase do Estudo Transversal os pacientes portadores de estrabismo foram alocados no Grupo Casos e indivíduos saudáveis, alunos de escolas públicas, sem necessidade de intervenção cirúrgica, foram alocados no Grupo Controle. Resultados de suas percepções visuais ilusórias foram comparados entre si.

Na Fase de Ensaio Clínico Longitudinal não-randomizado, os indivíduos do Grupo Casos (portadores de estrabismo) foram reavaliados quanto à percepção visual ilusória após a realização do procedimento de correção do estrabismo (alinhamento ocular), sendo comparados os dados pré e pós-operatórios dentro do próprio grupo e em relação aos indivíduos do Grupo Controle.

3.3 LOCAL

A presente pesquisa foi realizada nas dependências do Ambulatório de Estrabismo e Oftalmopediatria do setor de Oftalmologia do Hospital Reginal da Asa Norte (HRAN) e nas escolas públicas do Distrito Federal, a saber: Escola Classe 104 de São Sebastião, CAIC Juscelino Kubitschek no Núcleo Bandeirante e Colégio Militar Dom Pedro II.

3.4 AMOSTRA

Os indivíduos participantes do presente estudo foram alocados em dois Grupos: Grupo Casos e Grupo Controle. Compuseram o Grupo Casos, 55 pacientes com estrabismo cirúrgico com idade entre 10 e 15 anos (com média etária de $12,09 \pm 1,71$ anos). Destes 34 (61,81%) eram do sexo masculino, 40

(72,72%) apresentavam desvio convergente, 14 (25,45%) desvio divergente e um paciente (1,81%) desvio somente vertical do olhar. Como Grupo Controle, participaram 62 pacientes com idade entre 10 a 15 anos (com média etária de $10,89 \pm 1,05$ anos), sendo 38 (61%) do sexo feminino.

3.5 SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES

A seleção dos participantes foi realizada com base nos critérios de inclusão e exclusão descritos nos itens 3.5.1 e 3.5.2 a seguir. Esta contou com a avaliação de 76 portadores de estrabismo cirúrgico com idade entre 10 e 15 anos, dentro os quais foram incluídos para compor o Grupo Casos 55 sujeitos, 34 (61,81%) do sexo masculino, com média etária de $12,09 \pm 1,71$ anos. Para compor o Grupo Controles foram avaliados 116 adolescentes de escolas públicas sendo incluídos 62 indivíduos saudáveis, com média etária de $10,89 \pm 1,05$ anos, 38 (61%) do sexo feminino.

3.5.1 Critérios de Inclusão para os Pacientes do Grupo Casos

Os critérios de inclusão para admissibilidade dos participantes no Grupo Casos foram: a) ser portador de estrabismo com indicação cirúrgica; b) possuir idade entre 10 a 15 anos; c) não ter sido submetidos a cirurgias de correção de estrabismo anteriormente à pesquisa; d) não possuir restrição quanto a acometimentos em relação a acuidade visual mínima, estereopsia ou binocularidade; e) apresentar quadro de estrabismo de origem central e de indicação cirúrgica considerando-se os critérios explicitados no “*A classification of eye movement abnormalities and Strabismus*” (CEMAS), que padroniza e

classifica conceitualmente os tipos de desvio ocular e comorbidades associadas, a saber (89):

- Pacientes com esotropia infantil ou Síndrome de Ciancia foram definidos como aqueles: cuja esotropia foi diagnosticada antes dos 6 meses de idade por um oftalmologista ou confirmada por fotografias; cujo desvio não foi abolido por uma correção hipermetrópica; que não apresentavam distúrbios do Sistema Nervoso Central ou atraso no desenvolvimento; e que nasceram após 37 semanas de gestação (89)(101).
- Esotropia acomodativa foi definida como desvio constante ou adquirido que reduz ou corrige 10 DP ou mais com o uso de óculos hipermetrópicos durante todo o tempo por pelo menos 3 semanas (89).
- Esotropia não acomodativa adquirida ou essencial foi definida como o desvio não associado ao esforço acomodativo e desenvolvido após 6 meses de idade (89).
- Exotropia congênita foi definido como o desvio divergente que surgiu até os 6 meses de vida em criança sem doenças neurológica associada (89).
- Exotropia intermitente foi definida como desvio divergente alternado com períodos de paralelismo ocular com anomalias sensoriais mínimas (89).
- Exotropia constante como desvio divergente permanente do olho, que se encontra em abdução anômala (89).
- Desvio vertical puro foi definido como desvio vertical ocular (hipotropia, hipertropia ou DVD) na ausência de desvio horizontal significativo ($>10DP$) (89).

Os integrantes do Grupo Casos foram selecionados a partir de portadores de estrabismo com indicação cirúrgica, atendidos no Serviço de Oftalmologia no setor de Estrabismo do Hospital Regional da Asa Norte (HRAN).

3.5.2 Critérios de Inclusão para os Pacientes do Grupo Controle

Para inclusão no Grupo Controle foram convidados a participar da pesquisa indivíduos saudáveis de 10 a 15 anos, sem queixas oculares, não portadores de patologias do SNC e/ou comorbidades sistêmicas, com exame oftalmológico dentro da normalidade, a saber: acuidade visual 8/10 ou melhor sem correção, ortotrópicos, com binocularidade e estereopsia preservada (40 segundos de arco), sem outras comorbidades oculares (glaucoma, alterações corneanas, alterações retinianas).

Os integrantes do Grupo Controle foram selecionados entre alunos de escolas públicas do Distrito Federal. As escolas parceiras foram selecionadas por conveniência e conhecimento prévio por participação ativa e colaboração em projetos anteriores da pesquisadora principal e da pesquisadora assistente Dra Ana Garcia. As escolas participantes foram: Escola classe 104 São Sebastião, CAIC Juscelino Kubitschek Núcleo Bandeirante e Colégio Militar Dom Pedro II.

Optou-se por selecionar os indivíduos do Grupo Controle em escolas públicas da zona urbana a fim de minimizar possível viés na percepção visual ilusória em sua inter-relação com fatores como escolaridade e capacidade cognitiva intelectual do observador (77), visto que a população que compôs o Grupo Casos foi proveniente do setor público de atendimento oftalmológico.

3.5.3 Critérios de Exclusão

Foram considerados impedidos de participar do estudo, pacientes atendidos no HRAN com desvio decorrente de outras doenças oculares (exotropia ou endotropia sensorial), além de distúrbios miopáticos ou restritivos, síndromes especiais em estrabismo, desvio consecutivo (residual, após procedimento cirúrgico na tentativa de corrigir o estrabismo) ou desvio decorrente de outras anormalidades do sistema nervoso central (associados a distúrbios neurológicos congênitos ou adquiridos). Dentre as doenças do Sistema Nervoso Central pode-se citar: paralisia cerebral, retardo do desenvolvimento neuropsicomotor, epilepsia, esquizofrenia, dislexia, transtorno do espectro autista ou qualquer outro déficit cognitivo.

Também foram impedidos de participar do estudo indivíduos com estrabismo de condução clínica (sem indicação cirúrgica) ou com outras comorbidades oculares associadas como catarata congênita, distrofias ou degenerações corneanas ou de retina e glaucoma.

Pacientes em uso ou sob efeito de entorpecentes ou medicações indutoras do sono, relaxantes musculares ou anti-histamínicos também foram impedidos de participar do estudo.

3.6 DISTRIBUIÇÃO DOS SUJEITOS NOS GRUPOS AMOSTRAIS

Para composição da amostra do tipo não-probabilística, acidental, foram incluídas 117 crianças/adolescentes, divididas em dois grupos: Grupo Casos (55 indivíduos portadores de estrabismo com indicação de correção cirúrgica do desvio ocular) e Grupo Controle (62 indivíduos saudáveis sem estrabismo) conforme Figura 10.

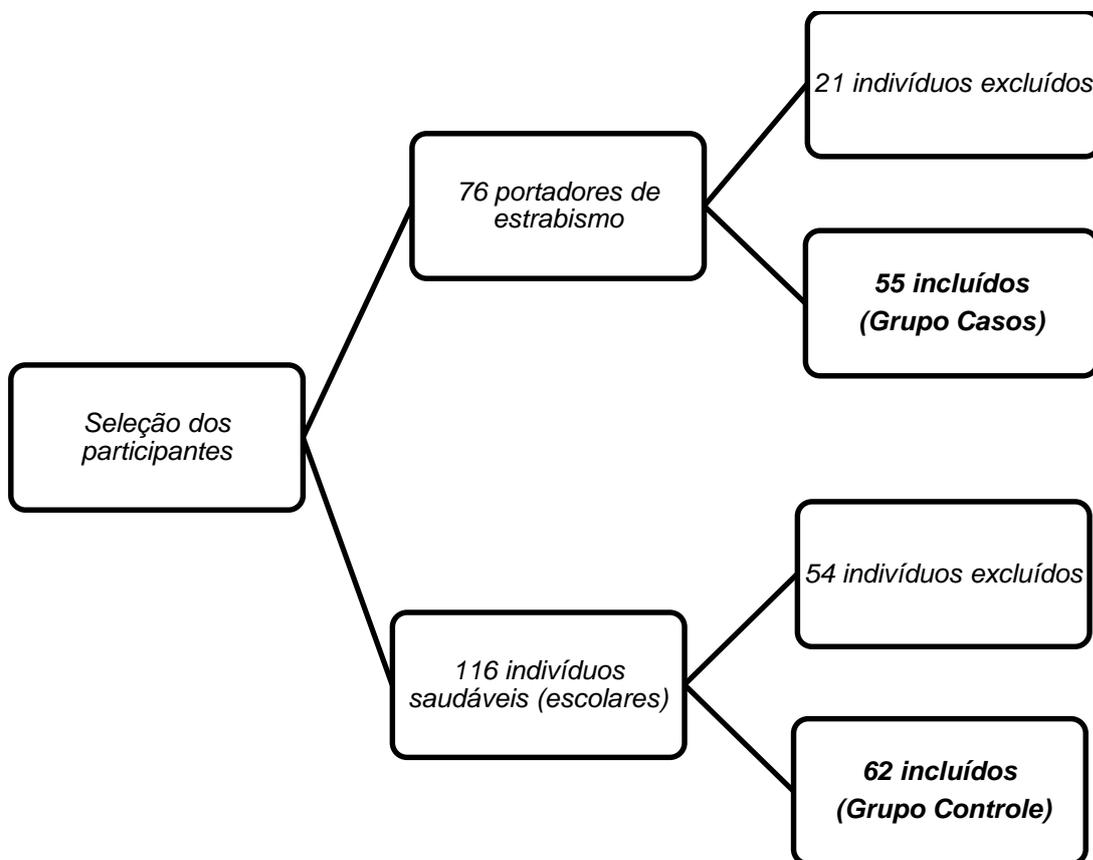


Figura 10 - Fluxograma de seleção dos participantes da pesquisa

Os indivíduos estrábicos foram categorizados em três subgrupos quanto a classificação do desvio ocular apresentado: indivíduos portadores de desvio convergente (Esotropias), portadores de desvio divergente (Exotropias) e portadores de associação de desvio horizontal com desvio vertical do olhar (Desvio Vertical Dissociado – DVD ou Hipertropias e / ou anisotropias alfabéticas) (89).

Na composição do Grupo Casos foram selecionadas 55 crianças/adolescentes entre 10 a 15 anos ($12,09 \pm 1,71$ anos) estrábicas, com desvio ocular menor ou igual a 60 dioptrias prismáticas tendo indicação de

correção cirúrgica do estrabismo no setor de Oftalmologia do Hospital Regional da Asa Norte, Brasília. Quarenta (72,72%) apresentavam Esotropias e quatorze indivíduos (25,45%) Exotropias. Somente um paciente apresentou Desvio Vertical puro, sem componente Horizontal (Hipertropia). Trinta e três indivíduos (60%) apresentavam associação de desvio horizontal com desvio vertical do olhar.

O Grupo Controle incluiu 62 indivíduos saudáveis com idade entre 10 a 15 anos (38 meninas, 61%), média etária de 10.89 anos \pm 1.05 e exame oftalmológico sem alterações sendo: acuidade visual igual ou superior à 8/10 em ambos os olhos sem necessidade de correção óptica (pela tabela de Snellen a 5 metros), ausência de desvio ocular (ortotrópicos), com estereopsia de 40 segundos de arco (teste de Titmus).

3.7 ESTUDO PILOTO

Após aprovação pelo Comitê de Ética foi iniciado estudo piloto para desenvolvimento, aprimoramento e aplicação do teste da ilusão visual além de determinação do cálculo amostral.

Inicialmente o teste foi aplicado em 5 indivíduos estrábicos dentro da faixa etária estipulada na metodologia inicial do projeto (de 5 a 15 anos). Entretanto, durante aquisição do piloto foram encontradas dificuldades para a aplicação da metodologia descrita no Projeto Inicial submetido e aprovado para admissão no Programa de Doutorado em Neurociências. Abaixo seguem explicitadas as dificuldades encontradas.

3.7.1 Faixa Etária

Estabeleceu-se inicialmente a faixa etária envolvendo crianças a partir de 5 anos de idade como critério de inclusão do estudo na expectativa em avaliar indivíduos durante o período de maior plasticidade neural (que vai em média até os 10 anos de vida) (17) e após esse período, e também para avaliar a suscetibilidade ilusória em diferentes faixas etárias, visto relatos de que a percepção ilusória poderia decair com o aumento da idade (nas ilusões com pobre contexto como Müller-Lyer) e aumentar com o envelhecimento (para ilusões que envolvem maior contexto como por exemplo Ponzo) (77)(78). Entretanto durante o piloto foram observadas dificuldades que são relatadas a seguir.

Dificuldade: Em 21/05/2019 - Sessão com paciente L.F.S., masculino, 5 anos, apresentando estrabismo congênito convergente de grande ângulo. Paciente interrompeu o teste ao finalizar o primeiro Bloco de figuras. O paciente apresentou cansaço e desinteresse pelo teste perguntando diversas vezes se o final da avaliação já estava próximo. Nesse caso, optou-se por interromper completamente o exame.

Avaliamos que o grau de dificuldade e habilidade motora solicitado na metodologia adotada pelo estudo ia além da capacidade de concentração e resposta esperada para crianças menores de 10 anos de vida. Optou-se então por redefinir a faixa etária para a que foi praticada na metodologia final, incluindo no estudo crianças de 10 a 15 anos de vida.

3.7.2 Tempo de duração do teste e número de repetições de cada figura ilusória

Na metodologia clássica do Método do Ajuste no teste de ilusões visuais em participantes adultos são habitualmente realizadas quatro (4) ou mais repetições de cada imagem ilusória apresentada, o que em nosso estudo, implicaria na avaliação de 128 imagens por sessão. Estabelecemos no Projeto Piloto avaliar 4 repetições por imagem entretanto apresentamos a dificuldade a seguir.

Dificuldade: Em 17/05/2019 – Sessão com paciente S.C.B., masculino, 15 anos, apresentando estrabismo congênito divergente de ângulo moderado queixou-se da longa duração do teste ao final do exame.

Em 17/05/2019 – Sessão com os pacientes G.O.S. e R.O.S., gêmeos, sexo masculino, 11 anos, ambos portadores de estrabismo convergente congênito de pequeno ângulo (ET 20 DP). Ambos se queixaram quanto à duração do exame.

Em 21/05/2019 - sessão com o paciente G.R.O., 8 anos, masculino, com estrabismo convergente congênito moderado (ET 35 DP). Paciente canhoto apresentou dificuldade motora. Queixou-se de cansaço com o teste.

Diante o exposto, durante o desenvolvimento do piloto observou-se que, o número de 4 repetições por imagem ilusória deixou o teste longo e cansativo e os pacientes, mesmo os maiores de 10 anos, não tiveram boa resposta ao teste apresentando cansaço, desinteresse e maior dificuldade de habilidade motora. Optou-se então por executar 2 repetições por imagem apresentada no teste computadorizado. Tal número de repetições por imagem já foi utilizada em estudos clínico anteriores e não impactou significativamente nos resultados (61)(78)(119)(120).

3.8 DETERMINAÇÃO DO CÁLCULO AMOSTRAL

Para determinação do cálculo amostral utilizou-se o programa estatístico Open Epi versão 3 (disponível em: openepi.com). Após ajuste dos aspectos metodológicos iniciou-se a etapa de determinação do cálculo amostral sendo o teste de ilusões visuais realizado em um grupo de voluntários sendo: 26 sujeitos com estrabismo e 35 indivíduos saudáveis.

O tamanho da amostra foi calculado através do Método de Diferença de Médias, que consistiu no cálculo da média das médias e do desvio padrão das diferenças observadas para a suscetibilidade a imagem ilusória de Ponzo. Utilizando-se a diferença das médias foi aplicado o teste de tamanho amostral com razão 2:1, intervalo de confiança de 95% e poder de 80% alcançando-se o tamanho amostral de 44 sujeitos: 88 controles (Tabela 3 e Tabela 4).

Tabela 3 - Diferença das médias e desvio padrão para o teste de Ponzo

Grupo	N (número de indivíduos)	Média de Média	Desvio Padrão de Média
Grupo Controle	35	-59,21678571	37,13917955
Grupo Casos	26	-76,51442308	31,42281609
Total Geral	61	-66,58954918	35,60085843

Tabela 4 - Determinação do cálculo amostral

Intervalo de confiança (bilateral)			95%
Poder			80%
Razão do tamanho da amostra (Controles/Casos)			2
	Grupo	Grupo	Diferença das médias
	Casos	Controles	
Média			-17,2976
Desvio padrão	31,4228	37,1392	
Variância	987,393	1379,32	
Tamanho da amostra do Grupo Casos			44
Tamanho da amostra do Grupo Controle			88
Tamanho total da amostra			132

Considerando-se as possíveis perdas no Seguimento Clínico Longitudinal o tamanho final estimado para a amostra foi de 50 casos: 100 controles, totalizando 150 participantes da pesquisa.

3.9 EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

Para fins da avaliação da percepção ilusória utilizou-se um computador portátil Positivo (Intel® Celeron®, Dual Core) monitor LCD 1366 x 768 de 15" na aquisição de dados.

As imagens ajustáveis apresentadas foram desenvolvidas na plataforma Eye Lines™. A plataforma Eye Lines™ é um software gratuito disponível na web (link:

<https://othello.alma.edu/~beagley/el/index.html>) desenvolvido pelo professor W.K.Beagley do Departamento de Psicologia da Alma College, Alma MI 48801, Estados Unidos da América (121)(122). Este programa foi elaborado para projetar e executar experimentos interativos na área de percepção visual e processos sensório-motores. O software é capaz de avaliar o tamanho percebido, a posição, o ângulo de orientação ou a distorção da forma, medindo a magnitude de qualquer variação das ilusões geométricas clássicas (Müller-Lyer, Zollner, Ponzo, Delboeuf, etc.) por meio do método do ajuste, método de limites, método de estímulos constantes ou de escada adaptativa (121) (122).

3.9.1 Elementos Ajustáveis nas Figuras Apresentadas (Método do Ajuste)

A método psicofísico de Ajustamento ou Método do Ajuste é uma metodologia clássica utilizada em seres humanos para mensuração da percepção ilusória (61)(78)(119). No presente estudo, os elementos que o indivíduo deveria ajustar nas figuras apresentadas caso julgasse necessário foram:

Para as imagens ilusórias do bloco Vertical-Horizontal, o indivíduo poderia aumentar ou diminuir o comprimento da reta vertical ou da reta horizontal da imagem.

Para as imagens ilusórias do bloco Brentano o indivíduo poderia deslizar a porção da seta central da figura a fim de igualar o comprimento dos dois segmentos de reta do eixo principal da imagem.

Para as figuras ilusórias de Ponzo o indivíduo poderia ajustar o tamanho do segmento de reta horizontal ou vertical próximo ao ângulo de fechamento da imagem.

O efeito ilusório foi determinado pela diferença do comprimento real dos segmentos de reta e a estimativa do comprimento da reta de acordo com a percepção subjetiva do indivíduo. Para cada estímulo ilusório foi elaborado um

estímulo visual controle (neutro) com o intuito de avaliar se a percepção visual da forma em geral (figura não ilusória) poderia estar alterada em indivíduos estrábicos em comparação ao indivíduos não-estrábicos.

O estímulo neutro apresentado para a ilusão Vertical-horizontal foi a cruz com ponto de interseção central e retas de tamanho igual (com possibilidade de ajuste do comprimento da reta vertical ou horizontal).

Para a ilusão de Brentano, as alhetas foram substituídas por retas posicionadas em um ângulo de 90 graus em relação a linha de maior comprimento (sendo solicitado o ajuste da posição da reta central).

E para imagem neutra da ilusão de Ponzo, foram apresentados dois segmentos de reta idênticos e equidistantes não acompanhados dos distratores periféricos (linhas angulares oblíquas de maior comprimento) com possibilidade de ajuste de comprimento de um dos segmentos de reta.

Ao final da avaliação de cada figura, o indivíduo deveria apertar a tecla “ENTER” para passar à próxima imagem a ser avaliada. Não houve limitação no tamanho de ajuste da imagem ou no tempo de resposta para cada figura.

As especificações físicas quanto à formatação e tipo de ajuste das figuras ilusórias e neutras estão representadas nas tabelas a seguir (Tabela 5 e Figura 11)

Tabela 5 - Especificações físicas dos estímulos visuais apresentados.

Estímulos Visuais	Imagens neutras	Imagens ilusórias
Vertical-horizontal (4*, 8†)	Largura do traçado = 2 pixels = 1.5 mm Comprimento das retas = 48 mm Ângulo entre os seguimentos = 90°	Largura do traçado = 2 pixels = 1.5 mm Comprimento das retas = 48 mm aprox. 6° de ângulo visual Ângulo entre os seguimentos = 90°
Muller-Lyer (versão Brentano) (12*, 24†)	Largura do traçado = 2 pixels = 1.5 mm Comprimento da maior reta = 105.8 mm Centro da maior reta (ponto de igualdade objetivo) = 52.90 mm Comprimento das retas perpendiculares = 18.0 mm Ângulo das retas perpendiculares = 90° em relação a reta de maior comprimento Deslocamento da reta central = 18.66 mm	Largura do traçado = 2 pixels = 1.5 mm Comprimento da maior reta = 105.8 mm aprox. 12° de ângulo visual Centro da maior reta (ponto de igualdade objetivo) = 52.90 mm Comprimento das alhetas = 18.0 mm Ângulo das alhetas = 30° em relação a reta de maior comprimento Deslocamento da alheta central = 18.66 mm

Continua

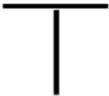
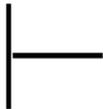
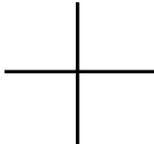
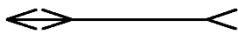
Conclusão

Tabela 5 - Especificações físicas dos estímulos visuais apresentados. Legenda: * número de imagens neutras (não-ilusórias), † número de imagens ilusórias

Estímulos Visuais	Imagens neutras	Imagens ilusórias
Ponzo (8* †)	Largura do traçado = 2 pixels = 1.5 mm Comprimento das retas paralelas = 24 mm Separação entre as retas paralelas = 60mm	Largura do traçado = 2 pixels = 1.5 mm Altura da figura = 114.0 mm aprox. 12° de ângulo visual Comprimento das retas paralelas = 24 mm Separação entre as retas paralelas = 60 mm Menor distância entre as retas oblíquas = 27.5 mm Maior distância entre as retas oblíquas = 96.3 mm Ângulo de inclinação das retas oblíquas = 20°

Legenda: * número de imagens neutras (não-ilusórias), † número de imagens ilusória

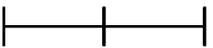
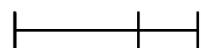
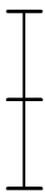
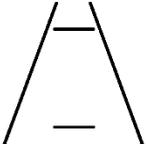
Figura 11 - Especificações físicas dos estímulos apresentados. Legenda: V, ilusão Vertical-Horizontal; NV, Imagem neutra (não-ilusória) Vertical-Horizontal; B, Ilusão de Brentano; NB, imagem neutra de Brentano; P, ilusão de Ponzo; NP, imagem neutra de Ponzo

 <p>V1: Segmento ajustável vertical acima.</p>	 <p>V2: Segmento ajustável vertical abaixo.</p>	 <p>V3: Segmento ajustável horizontal à direita .</p>	 <p>V4: Segmento ajustável horizontal à esquerda.</p>	 <p>NV1: Segmento horizontal ajustável. NV2: Segmento vertical ajustável.</p>	 <p>B1: Seta de saída à esquerda. Alheta central sobre o ponto de igualdade objetivo.</p>
 <p>B2: Seta de saída à esquerda. Alheta central deslocada à esquerda em 18.66 mm.</p>	 <p>B3: Seta de saída à esquerda. Alheta central deslocada à direita em 18.66 mm.</p>	 <p>B4: Seta de saída à direita. Alheta central sobre o ponto do igualdade objetivo.</p>	 <p>B5: Seta de saída à direita. Alheta central deslocada à esquerda em 18.66 mm.</p>	 <p>B6: Seta de saída à direita. Alheta central deslocada à direita em 18.66 mm.</p>	 <p>B7: Seta de saída acima. Alheta central sobre o ponto de igualdade objetivo.</p>

Continua

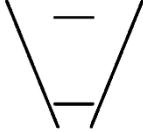
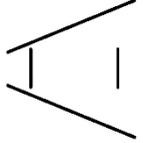
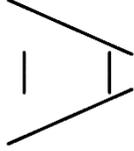
Continuação

Figura 11 - Especificações físicas dos estímulos apresentados. Legenda: V, ilusão Vertical-Horizontal; NV, Imagem neutra (não-ilusória) Vertical-Horizontal; B, Ilusão de Brentano; NB, imagem neutra de Brentano; P, ilusão de Ponzo; NP, imagem neutra de Ponzo

 <p>B8: Seta de saída acima. Alheta central deslocada para cima em 18.66 mm.</p>	 <p>B9: Seta de saída acima. Alheta central deslocada para baixo em 18.66 mm.</p>	 <p>B10: Seta de saída abaixo. Alheta central sobre o ponto de igualdade objetivo.</p>	 <p>B11: Seta de saída abaixo. Alheta central deslocada para cima em 18.66 mm.</p>	 <p>B12: Seta de saída abaixo. Alheta central deslocada para baixo em 18.66 mm.</p>	 <p>NB1: Linhas a 90º graus. Reta central sobre o ponto de igualdade objetivo.</p>
 <p>NB2: Linhas a 90º. Reta central deslocada à esquerda em 18.66 mm.</p>	 <p>NB3: Linhas a 90º. Reta central deslocada à direita em 18.66mm.</p>	 <p>NB4: Linhas a 180º. Reta central sobre o ponto de igualdade objetivo.</p>	 <p>NB5: Linhas a 180º lines. Reta central deslocada para cima em 18.66 mm.</p>	 <p>NB6: Linhas a 180º. Reta central deslocada para baixo em 18.66 mm.</p>	 <p>P1: Reta horizontal superior ajustável.</p>

Conclusão

Figura 11 - Especificações físicas dos estímulos apresentados. Legenda: V, ilusão Vertical-Horizontal; NV, Imagem neutra (não-ilusória) Vertical-Horizontal; B, Ilusão de Brentano; NB, imagem neutra de Brentano; P, ilusão de Ponzo; NP, imagem neutra de Ponzo

 <p>P2: Reta horizontal inferior ajustável.</p>	 <p>P3: Reta vertical esquerda ajustável.</p>	 <p>P2: Reta vertical direita ajustável.</p>	 <p>NP1: Reta horizontal superior ajustável. NP2: Reta horizontal inferior ajustável.</p>	 <p>NP3: Reta vertical direita ajustável. NP4: Reta vertical esquerda ajustável.</p>	
---	---	---	--	---	--

3.10 PROCEDIMENTO

Após a aprovação do projeto pelo CEP, a seleção dos sujeitos que comporiam a amostra e o respectivo aceite por parte dos responsáveis, os pacientes foram encaminhados para realização da Avaliação Oftalmológica e para Avaliação da Percepção Visual Ilusória sob supervisão da pesquisadora principal.

Antes de iniciar os testes todos os participantes e seus pais foram instruídos quanto ao conteúdo da pesquisa e seus objetivos, riscos, benefícios e garantia de confidencialidade e receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o Termo de Assentimento que foi devidamente assinado por todos os participantes e pelos seus responsáveis (por serem menores de idade). Os integrantes da pesquisa participaram de forma voluntária e de acordo com os padrões éticos de participação informada para a pesquisa com humanos.

3.10.1 Avaliação Oftalmológica

O exame Oftalmológico foi realizado pela pesquisadora principal, que tem experiência e formação na área de Oftalmopediatria/Estrabismo, em sala própria com o mínimo de barulho e maior privacidade possível no setor de Estrabismo do Hospital Regional da Asa Norte (para pacientes do Grupo Casos), e em sala própria, silenciosa e com a maior privacidade possível na localidade das escolas parceiras (para os pacientes do Grupo Controle).

Os participantes selecionados para participar do Grupo Casos foram submetidos ao exame clínico oftalmológico de rotina pré e pós-operatório sendo avaliados quanto à (ao):

- Anamnese clínico-oftalmológica, que consiste na coleta de dados clínicos sobre a idade de aparecimento dos sintomas (estrabismo), tratamentos realizados (uso de óculos, cirurgias, oclusão), comorbidades associadas e história familiar.
- Exame da acuidade visual (com correção e sem correção), mensurada com auxílio da tabela do “E” de Snellen, a 6 metros do paciente, de forma monocular, em sala bem iluminada, iniciando-se sempre pelo olho direito.
- Inspeção externa com ou sem auxílio de lanterna, para identificação de possíveis malformações nas estruturas oculares e avaliação dos reflexos pupilares direto e consensual.
- Teste de cobertura simples e alternado, a fim de avaliar o tipo de estrabismo (convergente, divergente, vertical) e associação de desvios, realizado com a pá de Cover com fixação para longe (6 metros) e para perto (30 centímetros) utilizando os óculos e sem o uso da correção óptica.
- Mensuração do tamanho do desvio ocular através dos Teste de Prisma e Cover ou Teste de Krimsky com e sem correção óptica (óculos) e auxílio da pá de cover, foco luminoso e interposição de prismas a frente dos olhos. Na valiação da magnitude do desvio ocular considerou-se: desvio de pequeno ângulo (até 15 dioptrias prismáticas, DP), médio ângulo (de 15 a 30 DP), grande ângulo (maior do que 30 DP).
- Exame da motilidade ocular (versões e ducções oculares) para avaliar possíveis anormalidades (hiperfunções ou hipofunções) no funcionamento da musculatura ocular extrínseca e nos movimentos oculares vergenciais.
- Biomicroscopia (avaliação microscópica ocular) para observar a integridade e possíveis malformações do segmento anterior do globo olho.
- Teste de visão de cores de forma binocular a 30 centímetros (através das placas de Ishirara).
- Teste de estereopsia de Titmus, para avaliação tridimensional da visão, realizado a 30 centímetros, binocularmente, com auxílio de lentes polaróides.
- Exame refracional com auxílio de retinoscópio e refrator automático para mensuração do grau de óculos do paciente.

- Fundoscopia com auxílio de Oftalmoscópio Binocular indireto (OBI) e lente de 20 Dioptrias para avaliação do segmento posterior do olho (vítreo, retina) a fim de identificar possíveis anormalidades.

A acuidade visual foi testada com uso de tabela de Snellen posicionada a 5 metros de distância monocularmente com melhor correção visual incluindo uso de óculos se necessário.

A esteropsia foi testada através do teste de Titmus. O teste de Titmus consiste em teste de avaliação da tridimensionalidade (visão 3 D) com auxílio de óculos polaróides, para determinar a estereopsia. Considerando-se que o mesmo não é totalmente dissociativo, optou-se por classificar seus resultados conforme descrito anteriormente por Lal et al. (2002), a saber: visualiza somente a mosca como falso positivo, visualiza somente os animais como falso positivo, visualiza os círculos de 1 – 4 (800 – 140”) como falso positivo e visualiza os círculos 5 – 9 (100 a 40”) como estereopsia verdadeira (117).

Mensurou-se o desvio ocular através do teste de Prisma e Cover (em pacientes com acuidade visual melhor do que 2/10) ou teste de Krimsky (em pacientes com acuidade visual de 2/10 ou pior). Classificou-se o tamanho do desvio como pequeno (se até 15 dioptrias de desvio ocular), médio (15 a 30 dioptrias de desvio) e de grande ângulo quando este foi maior do que 30 dioptrias de desvio (25).

No seguimento clínico pós-operatório definiu-se como critério de sucesso cirúrgico desvio ocular residual (pós-operatório) menor ou igual a 10 Δ ao final do seguimento clínico (31)(123).

Na avaliação oftalmológica dos participantes do Grupo Controle realizou-se o exame clínico oftalmológico básico, incluindo: anamnese clínica-oftalmológica para excluir queixas oftalmológicas e descartar comorbidades sistêmicas, exame de acuidade visual monocular a 6 metros em luz ambiente e sala bem iluminada, cover test simples e alternado para longe e para perto, exame de motilidade ocular, avaliação dos reflexos pupilares e inspeção externa com auxílio de lanterna.

3.10.2 Avaliação da Percepção Visual Ilusória

A avaliação da percepção visual ilusória foi realizada no Hospital Regional da Asa Norte (HRAN), de forma individualizada para cada paciente do Grupo Casos e nas dependências das escolas públicas para o Grupo Controle. As sessões experimentais realizadas para fins da referida avaliação tiveram duração entre 15 a 30 minutos. O participante iniciava a sessão após sentar-se diante de um laptop no qual as 64 figuras ajustáveis organizadas em blocos eram apresentadas. A tarefa dos participantes consistia na realização de ajustes de tamanho em cada uma das imagens apresentadas.

Três ilusões geométricas (ilusão Vertical-Horizontal, ilusão de Müller-Lyer (ML) versão Brentano e ilusão de Ponzo) e suas respectivas imagens neutras (não-ilusórias) foram apresentados para os sujeitos. Os estímulos se encontravam centralizados, apresentados sempre na mesma localização, com alta previsibilidade, alinhados e com bom espaçamento em relação as margens da tela do laptop, sendo todos estímulos negros apresentados no centro da tela de fundo branco.

As imagens foram apresentadas randomicamente em 3 Blocos (Vertical-Horizontal, ML versão Brentano e Ponzo) com intervalo de 1 minuto entre os blocos e duas repetições por imagem totalizando 64 figuras por sessão (Figura 12).

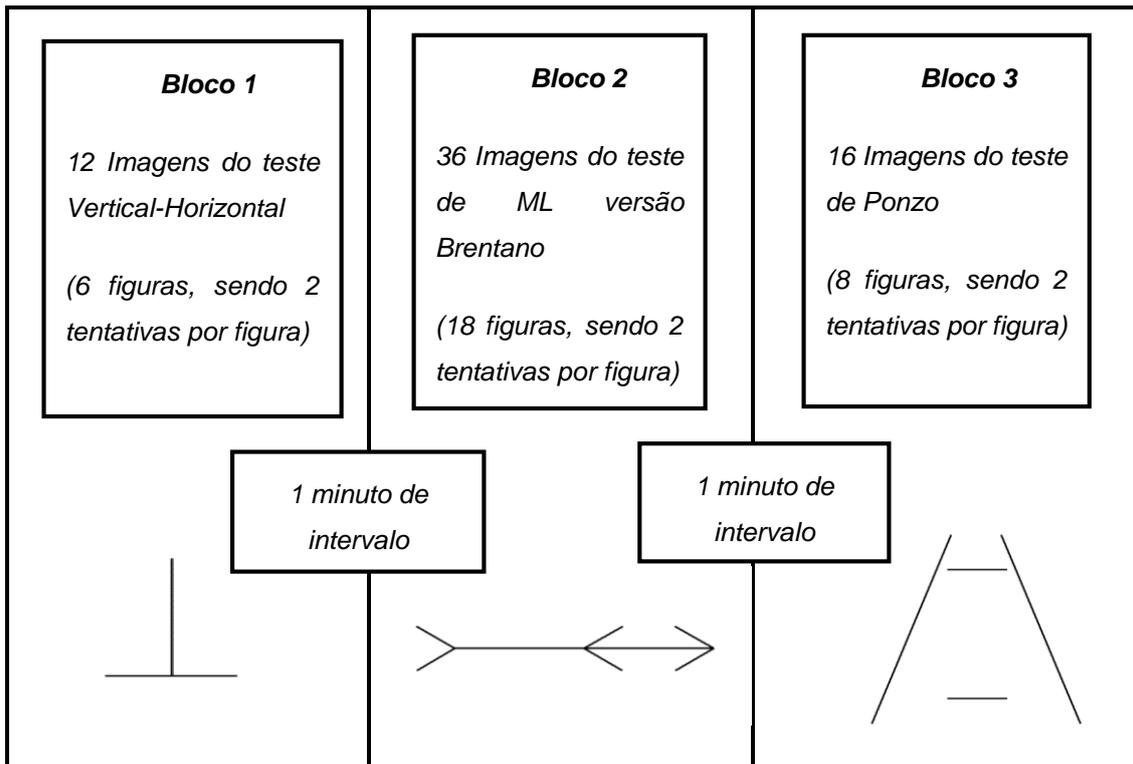


Figura 12 - Ordem de apresentação das imagens nos três Blocos de figuras testadas e número de figuras em cada Bloco

Na avaliação das figuras o indivíduo deveria de forma subjetiva, com máxima atenção e presteza possível estimar o comprimento dos seguimentos de reta e ajustar o tamanho das imagens utilizando as setas do teclado do computador, caso julgasse necessário até torná-las subjetivamente iguais em termos de seu comprimento utilizando o Método do Ajuste descrito anteriormente no item 3.9.1.

3.10.3 Protocolo de Sessões

As sessões experimentais foram conduzidas de forma binocular com os indivíduos sentados confortavelmente de frente para o monitor mantendo-se a uma distância fixa de 52 cm da tela e utilizando seus óculos, se necessário. Quando questionados, os indivíduos reportaram visão clara e posição confortável para

realizar o experimento. Para avaliação da resposta comportamental foi utilizado o Método do Ajuste, conforme descrito.

As avaliações quanto à percepção visual ilusória foram realizadas em quatro momentos distintos seguindo o protocolo de sessões descrito na Figura a seguir (Figura 13).

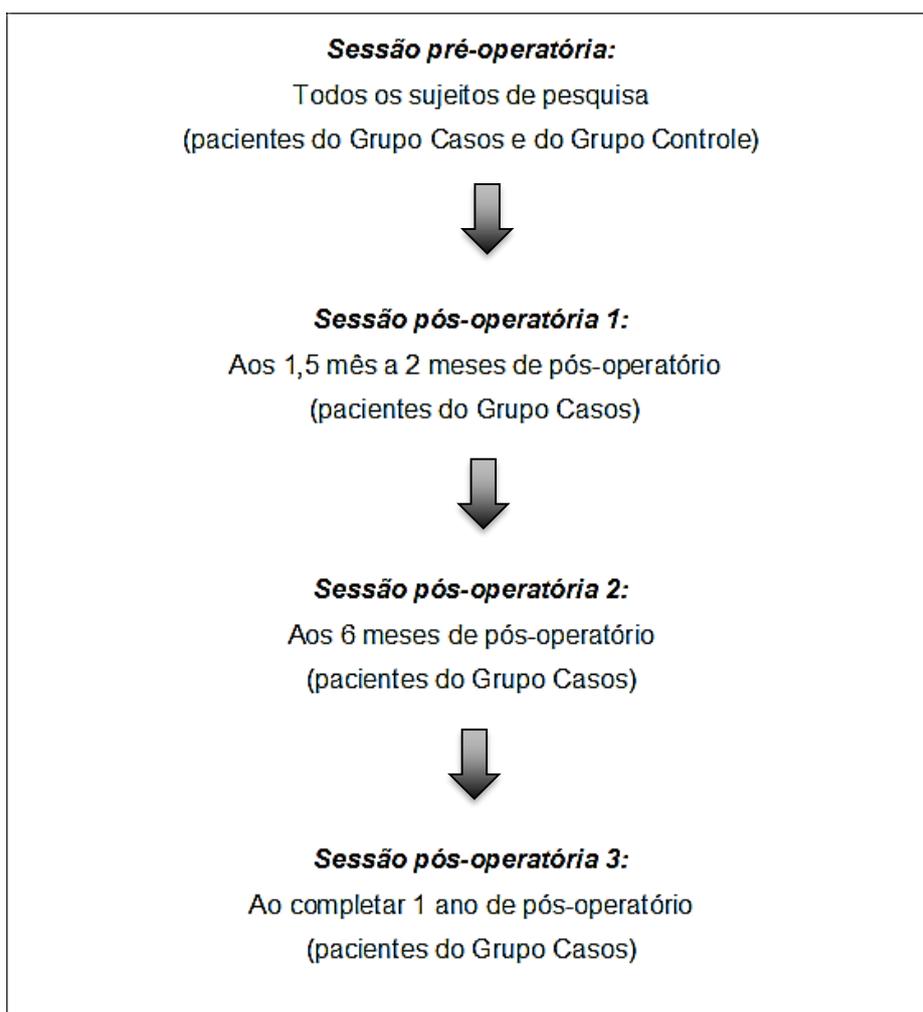


Figura 13 - Protocolo de Sessões

Cada sessão de avaliação das ilusões visuais foi dividida em 2 Fases: a Fase Treino e a Fase Teste.

3.10.3.1 *Fase Treino*

Antes de iniciar a bateria de testes os participantes receberam instruções orais fornecidas pelo examinador de um texto pré-estabelecido e realizaram a Fase Treino sendo apresentados às figuras do experimento, para se familiarizarem com o Método do Ajuste e com os comandos em relação às teclas do computador. Nessa etapa foram sanadas quaisquer dúvidas que os sujeitos apresentaram em relação a forma de ajustar as figuras e a condução do teste.

Na instrução oral orientou-se que o paciente deveria de forma subjetiva, rápida e intuitiva observar os segmentos de reta, avaliar somente através da visão (sem utilizar o mouse, dedos ou cálculos mentais para mensuração da imagem), no sentido de que ele pudesse indicar se havia diferença entre os segmentos e ajustar o tamanho do estímulo caso julgasse necessário. Ao concluir a tarefa o participante deveria pressionar a tecla “ENTER” para passar ao próximo estímulo.

Durante a realização da Fase Treino, os pacientes foram auxiliados e estimulados a prosseguir com o experimento. Os dados da Fase Treino não foram considerados para fins da análise estatística final.

3.10.3.2 *Fase Teste*

Após a instrução e a Fase Treino os pacientes realizaram o experimento (Fase Teste) que constava das três ilusões geométricas e respectivas imagens neutras, que foram apresentadas em três Blocos, na seguinte ordem (Bloco Vertical-Horizontal, Bloco Müller-Lyer versão Brentano e Bloco Ponzo) sendo instruídos a realizar ajustes na figura, caso julgassem necessário, até que as duas partes correspondentes das ilusões fossem percebidas como iguais.

Na execução do teste procurou-se evitar a interação examinador-paciente não sendo utilizada linguagem escrita ou verbal durante a aquisição do experimento (Fase Teste). Todo o procedimento foi explicado em apresentação oral pelo

pesquisador principal previamente ao início do teste, na realização da Fase Treino, a fim de limitar o estímulo ao processamento da linguagem, e acessar somente o processamento visual das ilusões durante a Fase Teste.

Não houve controle de tempo máximo ou limite do tamanho do ajuste para cada imagem, sendo que o paciente só foi apresentado a uma nova imagem ao pressionar a tecla “ENTER”, computando-se o tempo de resposta para cada estímulo apresentado em segundos.

Com o intuito de observar o comportamento de todos os participantes durante o teste da ilusão e identificar de forma mais acurada possíveis sinais de fadiga, desinteresse e/ou falta de motivação, além de observar os movimentos oculares do paciente considerou-se relevante realizar filmagem com áudio da sessão do teste da ilusão. Para essa finalidade específica, elaborou-se um termo de autorização e concessão de imagem (fotografia/filmagem) que foi devidamente assinado pelos pais e/ou responsáveis.

3.11 ANÁLISE DE DADOS

Para análise estatística foi utilizado o programa SPSS – Statistical Package for the Social Sciences, versão 24.0.

Foram utilizadas como variáveis dependentes:

- Suscetibilidade ou Magnitude da percepção ilusória sendo aferida por meio da diferença (*Diff*) no tamanho estimado subjetivamente pelo paciente (ou ponto de igualdade subjetiva - PIS), versus o tamanho objetivo do estímulo (ou ponto de igualdade objetiva -PIO), apresentado em milímetros (mm).
- Tempo de resposta (Δt) sendo definido como o período de tempo gasto desde o momento em que o indivíduo observava a imagem,

estimava seu tamanho e a ajustava até passar à próxima figura (em segundos).

Foram utilizadas como variáveis independentes:

- Idade
- Sexo
- Grupo de cadastro na pesquisa (Grupo Casos x Grupo Controle)
- Classificação quanto ao estrabismo (tipo de desvio ocular e tamanho do desvio ocular)
- Presença de Ambliopia
- Presença de Estereopsia
- Presença de Desvio Vertical Associado
- Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal
- Tipo de imagem avaliada: figura ilusória x figura neutra
- Característica do ajuste da imagem: ajuste na porção horizontal ou ajuste na porção vertical da figura.

Na comparação entre os grupos amostrais (Casos x Grupo Controle) utilizou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilks para avaliação de distribuição normal da amostra. Observou-se que os grupos amostrais apresentaram respostas heterogêneas com discrepâncias e valores extremos “*outliers*” em ambos os grupos. Entretanto, apesar de não ter suas premissas atendidas o teste T foi utilizado por ser um teste robusto a desvios de normalidade diante do tamanho amostral do estudo e distorções igualmente presentes e semelhantes nos dois grupos (Casos e Grupo Controle). Além disso, a não normalidade não afetou substancialmente a taxa de erro do tipo I e os resultados no teste T de amostras independentes.

Para avaliação da igualdade de variância foi utilizado o teste de Levene para igualdade de variância, sendo considerados $p > 0,05$ variâncias iguais com interpretação da significância através do teste T padrão, e $p < 0,05$ heterogeneidade de variância sendo utilizado o teste T de Welch.

Na comparação dentro do próprio Grupo Casos (considerando-se o tipo de desvio ocular e sua magnitude), realizou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk observando-se que as premissas de normalidade e de não discrepâncias foram violadas em poucos grupos. Entretanto, apesar das premissas terem sido violadas, utilizou-se uma ANOVA unidirecional por tratar-se de teste de análise de variância robusto ao se considerar o tamanho amostral e as distorções similares entre os subgrupos avaliados. Além disso, a não normalidade não afetou consideravelmente a taxa de erro tipo I.

Na comparação do Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal entre os tempos pré e pós-operatórios, utilizou-se novamente o teste de Shapiro-Wilks na avaliação de distribuição normal, sendo observado alguns outliers nas respostas de seguimento sem prejuízo a distribuição normal das respostas. Deste modo, utilizou-se o teste de ANOVA mista Bidirecional. Para análise da homogeneidade de Variância calculou-se o teste de Esfericidade de Mauchly. Nos casos em que a suposição de esfericidade foi violada, corrigiu-se esse viés ajustando os graus de liberdade usados no cálculo do valor de p (correção epsilon - ϵ) por meio da estimativa de Greenhouse-Geisser. O Teste de Tukey Post Hoc e Ajuste de Bonferroni foi utilizado para demonstrar o ponto da diferença estatisticamente significativo identificado por ANOVA entre os três tempos pós-operatórios.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA

4.1.1 Grupo Casos

Foram avaliados 76 pacientes portadores de estrabismo com indicação cirúrgica. Destes, foram excluídos da amostra 21 indivíduos (27,6%) portadores de estrabismo cirúrgico que não atendiam aos critérios de inclusão estabelecidos, a saber: 6 pacientes com estrabismo residual (já operados previamente à realização do estudo), 1 paciente com ptose palpebral, 1 paciente com ceratocone, 2 pacientes com catarata congênita associada, 1 paciente com descolamento de retina, 1 paciente com microcefalia, 4 indivíduos com retardo mental, 2 pacientes com Déficit de Atenção e Hiperatividade, 1 paciente com Síndrome de Down, 1 paciente com epilepsia e 1 paciente com Síndrome de Apert.

Foram incluídos no grupo casos, 55 indivíduos portadores de estrabismo com indicação cirúrgica, sem comorbidades oculares e não submetidos a cirurgias, com idade entre 10 a 15 anos (média etária $12,09 \pm 1,71$ anos), de ambos os sexos, dos quais: 34 masculinos (61,81%) e 21 femininos conforme demonstrado na Tabela 6 e na Figura 14 a seguir. Na tabela 6 é possível verificar a caracterização da amostra em estudo quanto aos casos de estrabismo em termos da(o): idade, sexo, acuidade visual corrigida, uso de óculos e grau dos óculos, tipo de desvio e presença de desvio vertical associado, medida do desvio com correção (CC) pelo teste do prisma e cover para longe e estereopsia (Titmus).

Tabela 6 - Características clínicas dos sujeitos com estrabismo.

Sujeito	Idade (anos)	Sexo	Acuidade Visual Corrigida (OD)	Acuidade Visual Corrigida (OE)	Refração (OD)	Refração (OE)	Classificação do Estrabismo	Desvio Vertical, DVD ou Anisotropia	Ângulo do estrabismo (DP) *	Estereopsia (Titmus)
1	12	F	6/10	5/10	+1.00	+1.00	ET NA	"A"	ET 30	ZERO
2	13	M	8/10	8/10	-1.00	-1.00	X(T)	N	X(T) 16	40"
3	14	F	10/10	10/10	+5.00 (-0.50) 90°	+4.25 (-0.25) 90°	ET A	N	ET 40	ZERO
4	15	M	10/10	10/10	+0.75 (-0.50) 180°	+0.75 (-0.50) 180°	ET NA	DV	ET 25+10	ZERO
5	13	M	10/10	10/10	+1.50 (-0.50) 180°	+1.25 (-0.50) 180°	ET I	"V"	ET 40	ZERO
6	11	M	10/10	10/10	+0.25 (-0.75) 10°	0.00 (-0.50) 180°	ET NA	"V"	ET 40	140"
7	12	F	10/10	10/10	+1.00 (-0.75) 180°	+1.00 (-0.75) 180°	ET I	DVD	ET 50	ZERO
8	13	F	10/10	10/10	+0.75	+1.00	ET I	DVD / DV	ET 14+12	ZERO
9	10	M	10/10	10/10	-0.75 (-0.25) 30°	-1.25 (-0.50) 170°	ET I	DV	ET 35+5	ZERO
10	11	F	10/10	10/10	-2.50 (-0.50) 180°	-2.50 (-0.25) 165°	X(T)	N	X(T)30	40"
11	12	F	10/10	10/10	+1.00 (-0.75) 170°	-1.00 (-0.50) 180°	ET I	DV	ET 12+14	ZERO
12	13	M	10/10	10/10	0.00 (-1.00) 120°	0.00 (-1.00) 120°	ET I	DVD	ET 40	ZERO
13	10	F	10/10	10/10	0.00 (-1.00) 120°	0.00 (-1.00) 120°	ET I	DV	ET 50-8	ZERO
14	11	F	5/10	10/10	+1.50 (-1.00) 10°	+1.75 (-0.25) 140°	ET A	DVD	ET 45	ZERO
15	13	M	10/10	10/10	+1.25 (-0.75) 180°	+1.25 (-0.75) 165°	X(T)	N	X(T) 25	40"
16	10	M	10/10	10/10	-0.25 (-0.50) 120°	-0.50 (-0.50) 60°	ET I	"V"	ET 30	ZERO
17	10	M	8/10	8/10	+6.00 (-2.00) 10°	+6.00 (-2.25) 175°	ET A	N	ET 50	ZERO
18	10	F	10/10	6/10	+5.75 (-0.75) 170°	+7.00 (-2.00) 15°	ET A	DV	ET 50+8	ZERO
19	13	M	5/10	6/10	+0.50 (-2.50) 20°	+0.75 (-2.25) 160°	XT	N	XT 23	ZERO
20	11	M	10/10	10/10	+1.00 (-2.00) 5°	+2.00 (-2.50) 170°	ET I	N	ET 35	ZERO
21	10	M	10/10	10/10	+2.00 (-0.25) 180°	+2.50 (-0.75) 180°	ET I	"V"	ET 40-6	ZERO
22	10	F	10/10	10/10	+6.75 (-0.75) 175°	+6.75 (-0.50) 180°	ET A	DVD	ET 45	ZERO
23	15	F	10/10	10/10	0.00	0.00	XT	"V"	XT 40-4	ZERO
24	13	F	8/10	10/10	+1.00 (-1.50) 5°	+1.50 (-1.50) 180°	ET I	"V"	ET 45+2	ZERO
25	11	M	10/10	10/10	-0,75 (-0,50) 165°	-0.75	ET I	"A"	ET 50-5	ZERO

Continua

Continuação

Tabela 6 - Características clínicas dos sujeitos com estrabismo.

Sujeito	Idade (anos)	Sexo	Acuidade Visual Corrigida (OD)	Acuidade Visual Corrigida (OE)	Refração (OD)	Refração (OE)	Classificação do Estrabismo	Desvio Vertical, DVD ou Anisotropia	Ângulo do estrabismo (DP) *	Estereopsia (Titmus)
26	11	M	8/10	4/10	+8.50 (-3.50) 175°	+7.75 (-3.50) 5°	ET A	"V"	ET 50	ZERO
27	10	M	10/10	10/10	+1.00	+1.00	ET NA	"A"	ET 35	ZERO
28	10	M	10/10	10/10	-0.25 (-1.25) 85°	-0.50 (-0.50) 75°	X(T)	"V"	XT 18+4	ZERO
29	10	F	8/10	8/10	-2.00 (-2.75) 165°	-3.00 (-2.50) 180°	XT	"A"	XT 25+3	ZERO
30	13	M	<2/10	5/10	+1.25 (-1.25) 130°	+1.25 (-1.25) 180°	ET I	N	ET 35	ZERO
31	11	F	10/10	6/10	+0.50 (-0.50) 180°	+1.00 (-0.25) 180°	ET I	DVD	ET 30	ZERO
32	12	M	10/10	10/10	+2.50	+2.75 (-1.00) 20°	ET I	"V"	ET 50+6	ZERO
33	12	M	10/10	10/10	+2.50	+2.50	ET NA	N	ET 60	ZERO
34	15	M	10/10	10/10	0.00 (-0.50) 180°	0.00 (-0.50) 160°	X(T)	N	X(T) 25	40"
35	13	M	10/10	10/10	+0.25 (-0.75) 165°	+0.25 (-0.75) 180°	X(T)	N	X(T) 20	140"
36	15	F	10/10	10/10	0.00	0.00	X(T)	N	XT 50	400"
37	14	M	10/10	10/10	+1.00 (-1.00) 175°	+1.00 (-1.00) 180°	ET NA	DVD	ET 30	ZERO
38	10	M	5/10	6/10	+4.25 (-3.50) 180°	+3.00 (-2.25) 170°	ET I	N	ET 45	ZERO
39	15	F	8/10	2/10	-5.50 (-2.50) 115°	-10.50	ET NA	N	ET 50	ZERO
40	14	F	10/10	2/10	+0.75 (-0.50) 180°	+1.50 (-0.75) 10°	ET I	"V"	ET 45	ZERO
41	11	F	10/10	10/10	+0.50 (-1.00) 180°	0.00 (-0.50) 180°	X(T)	"V"	XT 40	ZERO
42	11	M	10/10	10/10	-0.75 (-0.50) 175°	-1.00 (-0.50) 165°	XT	N	XT 45	ZERO
43	12	M	10/10	10/10	+4.25 (-1.25) 165°	+3.50 (-1.00) 180°	ET A	"V"	ET35+10	ZERO
44	11	M	10/10	10/10	0.00 (-0.50) 180°	0.00 (-0.50) 180°	X(T)	N	XT 20	140"
45	12	M	8/10	8/10	-1.00 (-0.75) 140°	-1.00 (-0.50) 45°	ET I	"A"	ET 50	ZERO
46	11	M	10/10	10/10	+1.00 (-1.25) 180°	+1.25 (-1.50) 180°	XT	N	XT 50	ZERO
47	10	M	8/10	6/10	+6.00 (-0.75) 15°	+5.50 (-0.50) 180°	ET A	N	ET 66	140"
48	11	M	10/10	10/10	+0.50	+0.50 (-0.50) 180°	ET I	N	ET 40	ZERO
49	15	F	10/10	10/10	+1.00 (-1.50) 165°	+1.00 (-1.00) 45°	ET NA	N	ET 55	ZERO

Conclusão

Tabela 6 - Características clínicas dos sujeitos com estrabismo.

Sujeito	Idade (anos)	Sexo	Acuidade Visual Corrigida (OD)	Acuidade Visual Corrigida (OE)	Refração (OD)	Refração (OE)	Classificação do Estrabismo	Desvio Vertical, DVD ou Anisotropia	Ângulo do estrabismo (DP) *	Estereopsia (Titmus)
50	14	F	10/10	10/10	+5.50 (-1.25) 160°	+6.00 (-1.25) 20°	ET A	DV	ET 45+6	ZERO
51	12	M	10/10	10/10	-5.25 (-0.25) 165°	-4.75 (-0.25) 140°	ET NA	N	ET 45	ZERO
52	15	M	10/10	10/10	+0.50	+0.25	ET NA	N	ET 40	ZERO
53	13	M	10/10	8/10	+0.75	+0.50	ET NA	DV	ET 30+5	ZERO
54	15	F	10/10	10/10	+0.50 (-0.50) 180°	+0.50 (-0.50) 180°	ET I	DV	ET 35+12	ZERO
55	11	M	10/10	10/10	+1.00 (-0.50) 180°	+1.00 (-0.25) 180°	HT	DV	+16	140"

Legenda: F, feminino; M, masculino; OD, olho direito; OE, olho esquerdo; ET NA, subtipo Esotropia Não Acomodado; ET I, subtipo Esotropia Infantil; ET A, Subtipo de Esotropia Acomodativa; XT, subtipo Exotropia Constante; X(T), subtipo Exotropia Intermitente; DVD, Desvio Vertical Dissociado; Dp, Dioptrias Prismáticas; "V", Anisotropia Padrão "V"; "A", Anisotropia Padrão "A"; N, sem estrabismo vertical associado; DV, Desvio Vertical. * Ângulo do estrabismo para longe com a melhor correção visual.

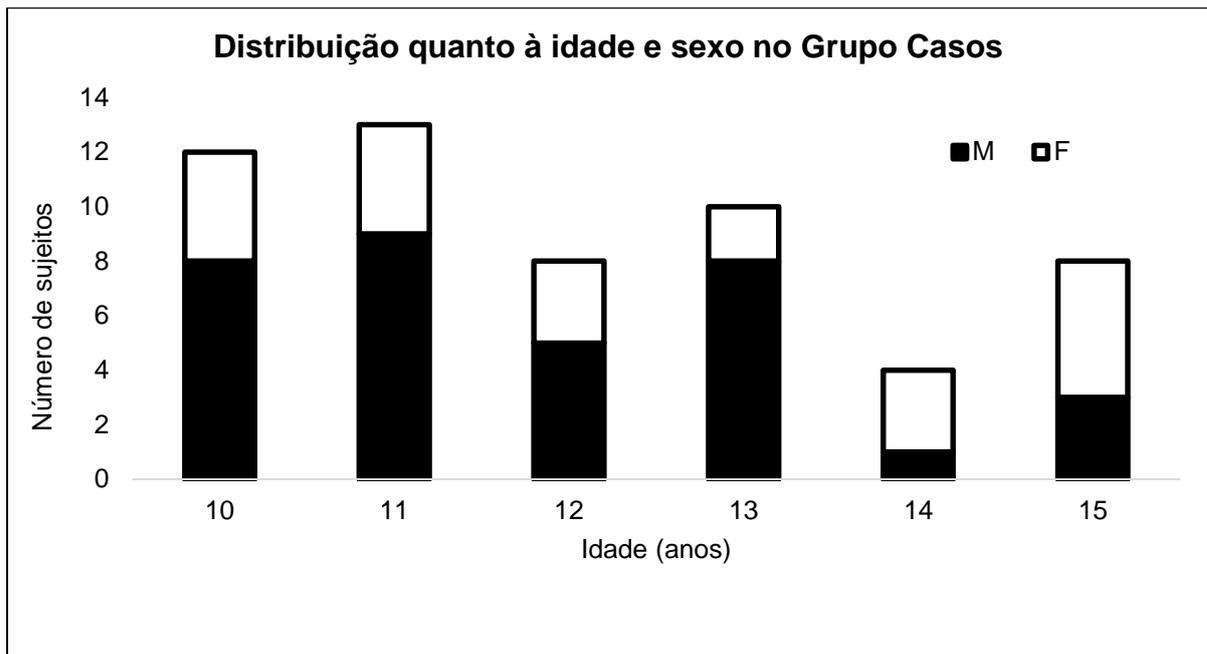


Figura 14 - Distribuição quanto à idade e sexo dos sujeitos portadores de estrabismo. Legenda: F = Feminino; M = Masculino.

Quanto ao tipo de estrabismo na amostra de casos observou-se: nove indivíduos (16,6%) com Esotropia Acomodativa, onze pacientes (20%) com Esotropia adquirida não acomodativa, vinte pacientes (36,3%) com Esotropia Infantil, cinco indivíduos (9%) com Exotropia Básica, nove indivíduos (16,3%) com Exotropia intermitente e um paciente com Desvio puramente vertical (Hipertropia) (Figura 15).

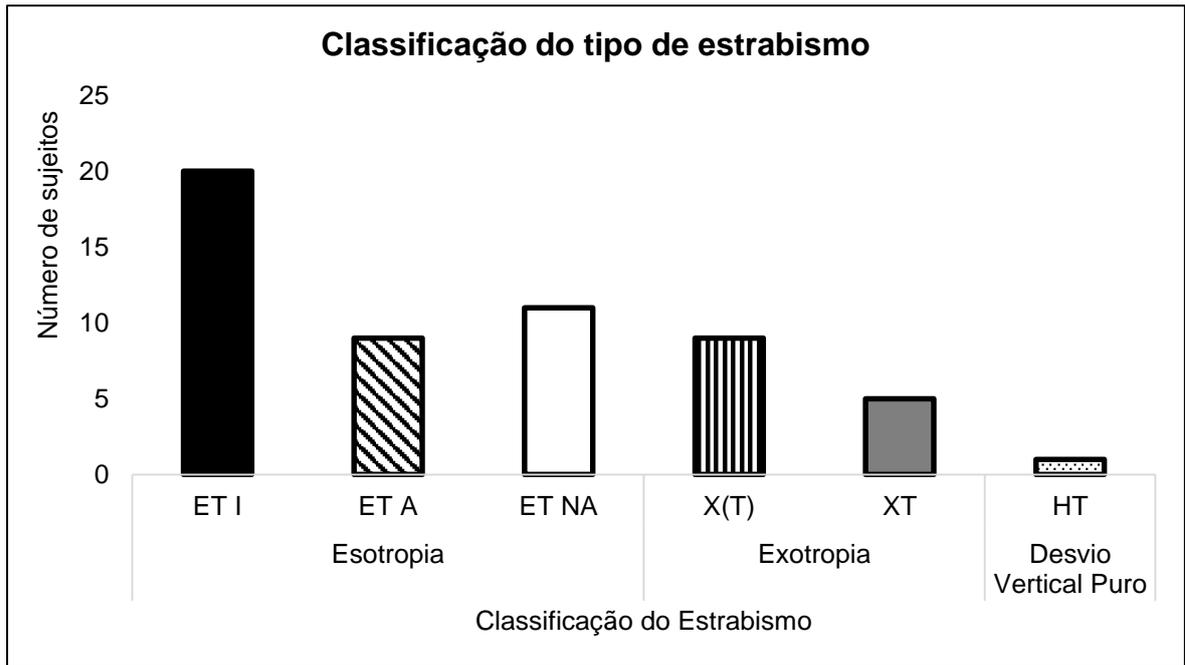


Figura 15 - Classificação do tipo de estrabismo. Legenda: ET NA= Esotropia adquirida não acomodativa; X(T) = Exotropia intermitente; ET A = Esotropia acomodativa; ET I = Esotropia Infantil; XT = Exotropia Básica; HT = Hipertropia.

Destes, trinta e três indivíduos (60%) apresentaram associação do desvio horizontal com desvio vertical ou incomitância alfabética conforme apontado na Figura 16 e Figura 17.

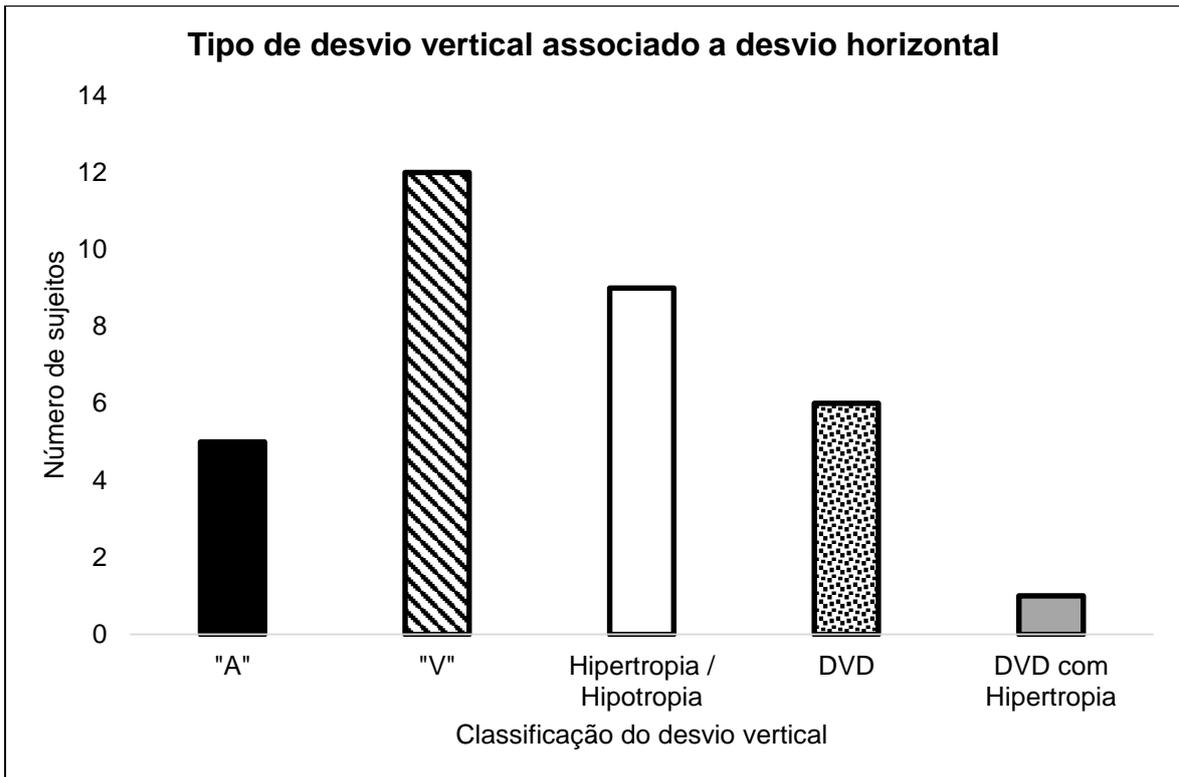


Figura 16 - Tipo de desvio vertical associado a desvio horizontal. Legenda: "A"= anisotropia alfabética em A; "V"= anisotropia alfabética em V ; DVD= desvio vertical dissociado.

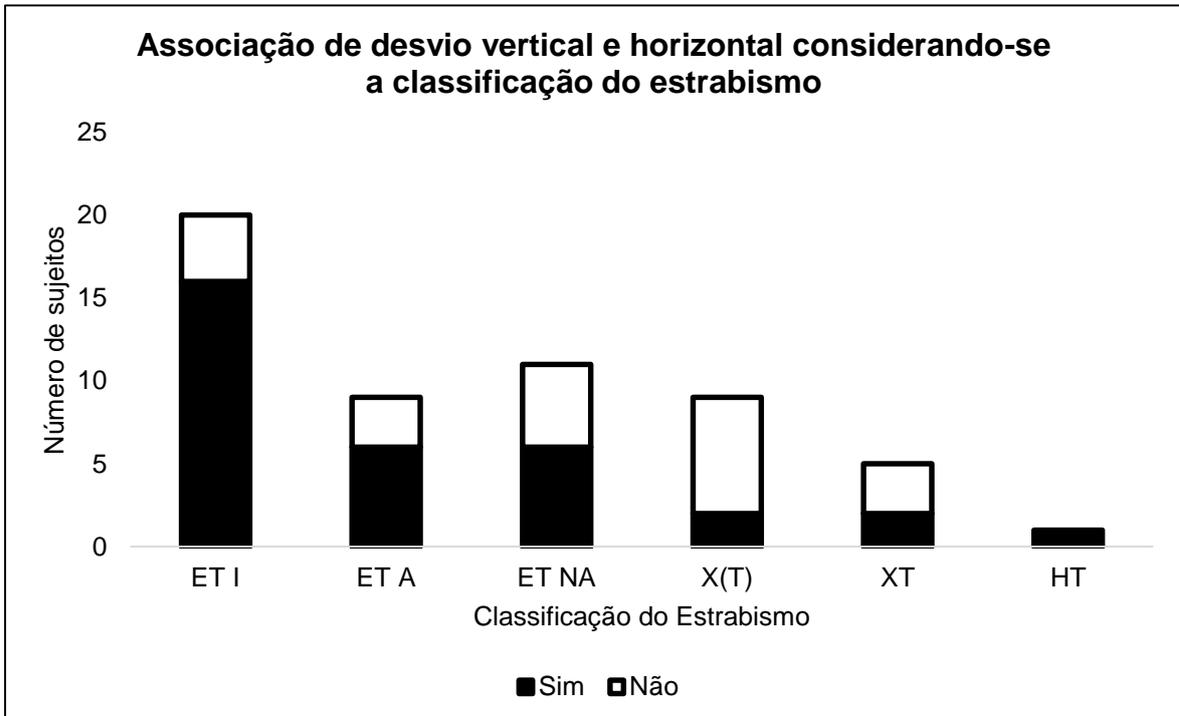


Figura 17 - Associação de desvio vertical e horizontal considerando-se a classificação do estrabismo. Legenda: ET NA= Esotropia adquirida não acomodativa; X(T) = Exotropia intermitente; ET A = Esotropia acomodativa; ET I = Esotropia Infantil; XT = Exotropia Básica; HT = Hipertropia.

Quanto a melhor acuidade visual com ou sem necessidade de prescrição óptica, 8 indivíduos (18%) apresentavam ambliopia, sendo considerados ambliópes os pacientes que apresentassem diferença de acuidade visual entre um olho e o outro igual ou maior que duas linhas, ou a acuidade visual, no melhor olho, menor que duas linhas do esperado como normal para a idade (124). A Figura 18 detalha a classificação do tipo de desvio ocular pré cirúrgico e a presença ou não de ambliopia.

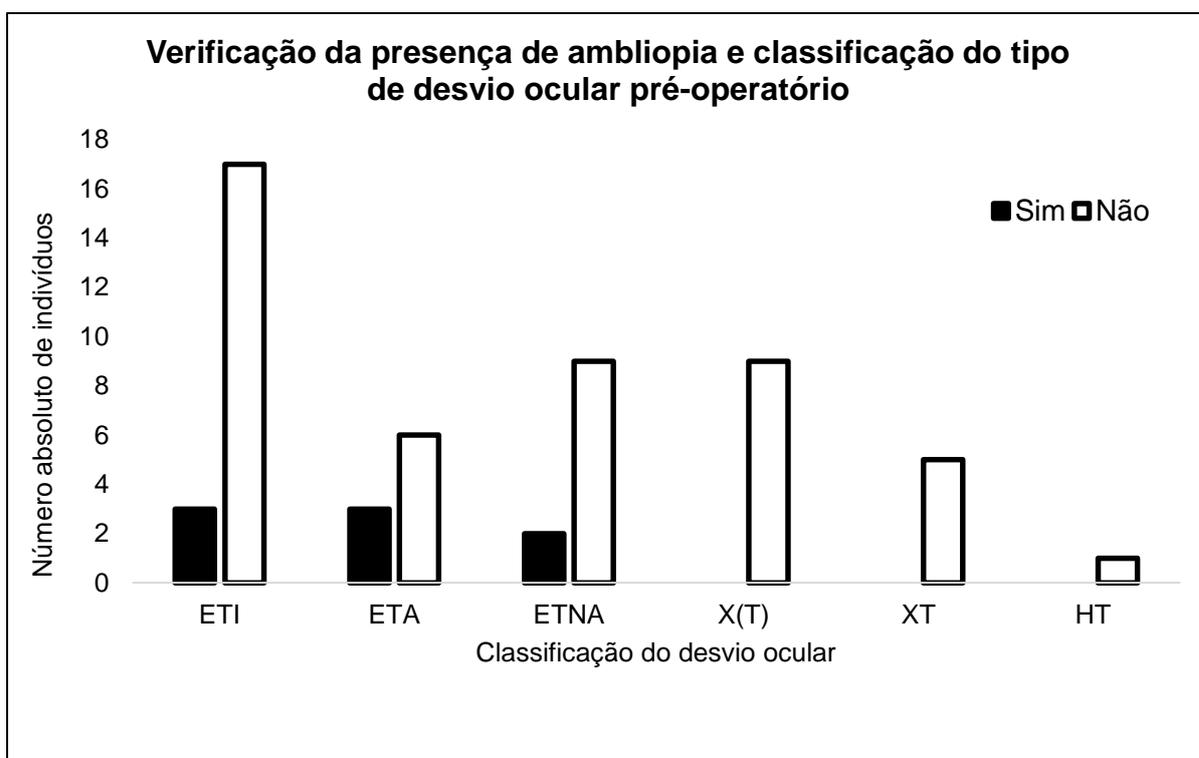


Figura 18 - Verificação da presença de ambliopia e classificação do tipo de desvio ocular pré-operatório.

Dos 55 pacientes recrutados em pré-operatório, 48 indivíduos (87,2%) realizaram o procedimento de cirurgia de correção de estrabismo. Na análise pré-operatória transversal participaram 45 pacientes sendo 27 (60%) do sexo masculino (idade $11,96 \pm 1,65$ anos). No seguimento clínico pós-operatório 39 indivíduos (81,25%) completaram o primeiro pós-operatório (1,5 a 2 meses de cirurgia), 34 indivíduos (70,83%) o segundo pós-operatório (6 meses) e 29 (60,41%) o terceiro

pós-operatório (1 ano após o procedimento cirúrgico de alinhamento ocular). Vinte e dois pacientes (45,83%) compareceram a todas as revisões (pré e pós-operatórias), sendo 12 pacientes do sexo masculino (54,54%), com média etária $12,27 \pm 1,51$ anos.

Onze indivíduos (20%) não apresentaram evolução pós cirúrgica em nenhum momento do seguimento longitudinal. Destes, 4 pacientes (7,27%) já foram submetidos à cirurgia de estrabismo e não compareceram às consultas agendadas, e 7 pacientes (12,72%) não foram submetidos à cirurgia de correção do estrabismo até o momento.

O seguimento clínico pré e pós-operatório no Grupo Casos está detalhado na Figura 19.

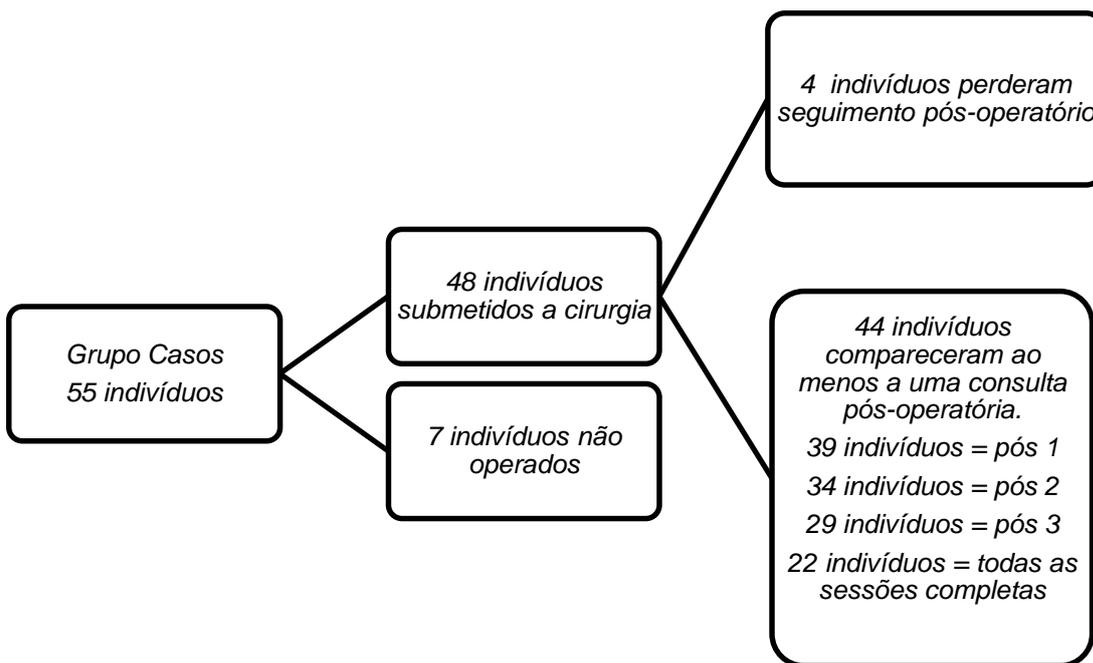


Figura 19 - Fluxograma de seguimento clínico e pós cirúrgico no Grupo Casos

Todos os 44 pacientes que realizaram seguimento clínico pós-operatório apresentaram melhora no alinhamento ocular, entretanto 12 indivíduos (27,7%) permaneceram com desvio ocular residual maior do que 10 Δ, denotando falência terapêutica de acordo com os critérios de sucesso cirúrgico estabelecidos na metodologia do presente trabalho. Destes, 4 (33%) eram amblíopes, 11 (91%) apresentavam-se com desvio convergente e 1 com desvio divergente, sendo que 8 pacientes (66%) apresentavam desvio vertical ou anisotropia alfabética associada conforme detalhado na Figura 20.

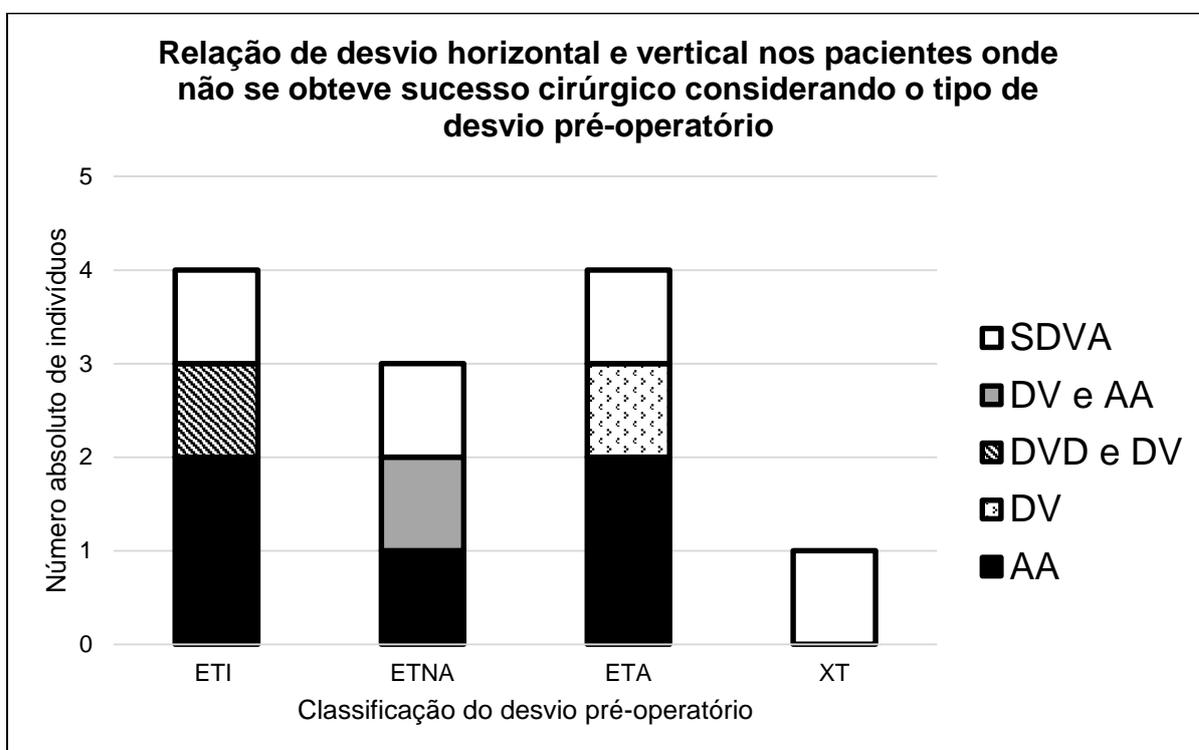


Figura 20 - Relação da associação de desvio horizontal e vertical nos pacientes onde não se obteve sucesso cirúrgico considerando o tipo de desvio pré-operatório. Legenda: SDVA= Sem Desvio Vertical associado (desvio somente horizontal); DV = desvio vertical (Hipertropia ou Hipotropia); AA = Anisotropia Alfabética; DVD = Desvio Vertical Dissociado.

Dentre estes, foi indicado novo procedimento cirúrgico para 5 pacientes (41,6%). Um deles foi re-operado no intercurso do seguimento clínico detalhado acima. Os demais ainda aguardam a nova cirurgia de retoque.

Para fins da análise estatística foi considerada como Estereopsia Final a medida de visão tridimensional registrada na última consulta de seguimento pós-operatório do paciente. As características do estrabismo residual e estereopsia final pós-operatória podem ser observadas detalhadamente na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Características do estrabismo e estereopsia na evolução pós-operatória dos pacientes submetidos à cirurgia de estrabismo.

Sujeito	Idade (anos)	Sexo	Ângulo do estrabismo (DP) Pré-op.	Ângulo do estrabismo (DP) Pós 1	Ângulo do estrabismo (DP) Pós 2	Ângulo do estrabismo (DP) Pós 3	Estereopsia inicial (Titmus)	Estereopsia Final (Titmus)
1	12	F	ET 30	DVD 12	ET 8 DVD 10	-	ZERO	800"
2	13	M	X(T) 16	X(T) 15	X 20	X 10	400"	40"
3	14	F	ET 40	ET 5	0	ET 8	ZERO	800"
4* †	15	M	ET 25+10	-	-	XT 10 +12	ZERO	800"
5	13	M	ET 40	ET 6	ET 10	ET 10	ZERO	ZERO
6	11	M	ET 40	ET 10	ET 10	-	140"	ZERO
7	12	F	ET 50	XT 6+8	XT 4+6	-	ZERO	ZERO
8** †	13	F	ET 14+12	ET 17 HTD 8	HTD 8	HTD 5	ZERO	400"
9	10	M	ET 35+5	-	-	-	ZERO	-
10	11	F	X(T)30	0	0	0	40"	40"
11†	12	F	ET 12+14	ET 4+10	ET 12	ET 12	ZERO	ZERO
12	13	M	ET 40	XT 4	XT 2	+5	ZERO	ZERO
13	10	F	ET 50-8	0	0	0	ZERO	400"
14	11	F	ET 45	-	-	DVD 8	ZERO	200"
15	13	M	X(T) 25	X(T) 12	X(T) 8	X(T) 10	40"	40"
16	10	M	ET 30	-	-	-	ZERO	-
17	10	M	ET 50	-	-	-	ZERO	-
18	10	F	ET 50+8	-	ET 3	-	ZERO	ZERO
19	13	M	XT 23	XT 6	XT 4	XT 10	ZERO	800"
20* †	11	M	ET 35	-	XT 15	XT 40-12	ZERO	ZERO
21	10	M	ET 40-6	-	-	-	ZERO	-
22 †	10	F	ET 45	ET 10	ET 10	ET 14	ZERO	200"
23	15	F	XT 40-4	-	-	-	ZERO	-
24	13	F	ET 45+2	+5	0	ET 8	ZERO	200"
25* †	11	M	ET 50-5	+5	ET 15+12	ET 15+12	ZERO	ZERO
26* †	11	M	ET 50	ET 8	XT 10	XT 20	ZERO	ZERO
27	10	M	ET 35	-	-	-	ZERO	-
28	10	M	XT 18+4	X(T) 4+8	0	0	ZERO	40"
29	10	F	XT 25+3	+5	+5	ET 7+5	ZERO	140"
30	13	M	ET 35	ET 12	ET 12+8	ET 10	ZERO	ZERO

Continua

Conclusão

Sujeito	Idade (anos)	Sexo	Ângulo do estrabismo (DP) Pré-op.	Ângulo do estrabismo (DP) Pós 1	Ângulo do estrabismo (DP) Pós 2	Ângulo do estrabismo (DP) Pós 3	Estereopsia inicial (Titmus)	Estereopsia Final (Titmus)
31	11	F	ET 30	DVD 8	ET 5 DVD8	ET 5 DVD8	ZERO	ZERO
32	12	M	ET 50+6	-	-	-	ZERO	-
33	12	M	ET 60	ET 5	-	ET 10	ZERO	140"
34	15	M	X(T) 25	X(T) 8	-	X(T)10	40"	40"
35	13	M	X(T) 20	X(T) 8	0	X 10	140"	50"
36	15	F	XT 50	0	0	0	400"	ZERO
37	14	M	ET 30	DVD 6	DVD 5	0	ZERO	800"
38 †	10	M	ET45	ET 15	-	-	ZERO	ZERO
39	15	F	ET 50	-	-	-	ZERO	-
40 †	14	F	ET 45	ET 16+9	-	-	ZERO	ZERO
41	11	F	XT 40	X(T) 10	X(T) 10	-	ZERO	50"
42	11	M	XT 45	X(T) 10	-	X(T) 10	ZERO	40"
43	12	M	ET35+10	-	-	-	ZERO	-
44	11	M	XT 20	-	-	-	140"	-
45	12	M	ET 50	ET 8	-	-	ZERO	ZERO
46 †	11	M	XT 50	-	X(T) 15	-	ZERO	ZERO
47 †	10	M	ET 66	ET 30	ET 14	-	140"	ZERO
48	11	M	ET 40	ET 12	ET 9	-	ZERO	ZERO
49	15	F	ET 55	-	-	-	ZERO	-
50 †	14	F	ET 45+6	ET 20	ET 25	ET 18	ZERO	ZERO
51 †	12	M	ET 45	ET 18	ET 15	-	ZERO	ZERO
52	15	M	ET 40	-	ET 5	ET 10	ZERO	ZERO
53	13	M	ET 30+5	ET 15	ET 10	-	ZERO	ZERO
54	15	F	ET 35+12	XT 5-9	-	-	ZERO	ZERO
55	11	M	+ 16	+9	+4	-	140"	140"

Legenda: DP, Dioptrias Prismáticas; Pré-op: pré-operatório; Pós 1: pós operatório entre 1,5 a 2 meses; Pós 2: Pós operatório de 6 meses; Pós 3: Pós operatório 1 ano após a cirurgia. - Não compareceu a consulta; * Paciente aguardando nova cirurgia; ** Paciente realizou retoque (re-operação) durante o seguimento evoluindo com excelente alinhamento ocular final; †, desvio residual pós-operatório maior do que 10 Δ; 0, ortotropia.

Na avaliação pré-operatória, dos 55 pacientes avaliados somente 10 (18,1%) apresentavam algum grau de estereopsia, sendo 3 pacientes (5,4%) com estereopsia considerada verdadeira (100 a 40" de arco), e 7 pacientes (12,7%) com estereopsia falsa (800 a 140" arco). Já na avaliação pós-operatória, dos 44 pacientes que realizaram seguimento pós-operatório, 21 (47,7%) apresentaram algum grau de estereopsia ao final do seguimento clínico, sendo que 4 indivíduos mantiveram o valor de Estereopsia encontrado na avaliação pré-operatória e 17 apresentaram melhora na percepção tridimensional. Destes, 8 pacientes (18%) com estereopsia verdadeira (100 a 40" de arco) e 13 indivíduos (29,5%) com estereopsia falsa (800 a 140" de arco) Figura 21.

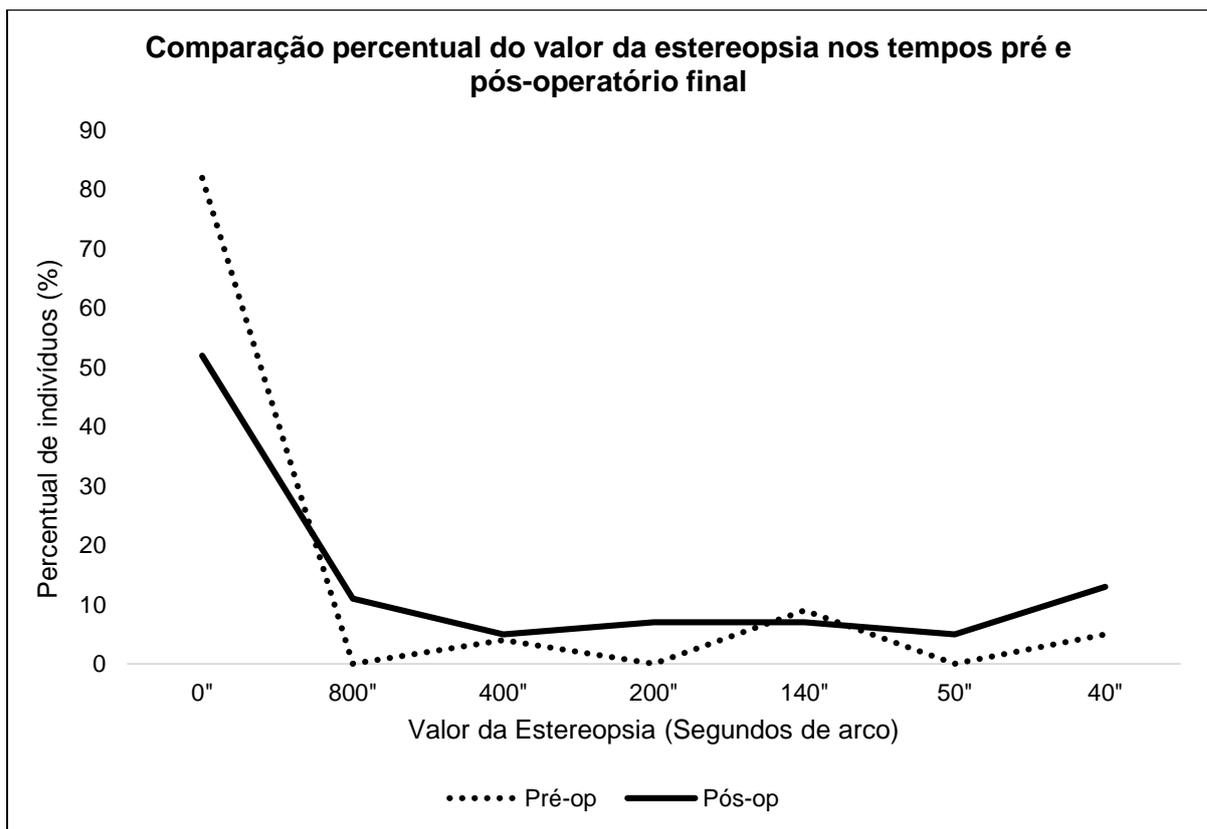


Figura 21 - Comparação percentual do valor da estereopsia nos tempos pré e pós-operatório final.

Os 8 pacientes que recuperaram ou mantiveram estereopsia verdadeira (100" a 40" de arco) se enquadraram na classificação de estrabismo do Tipo Divergente ou Divergente intermitente (Figura 22).

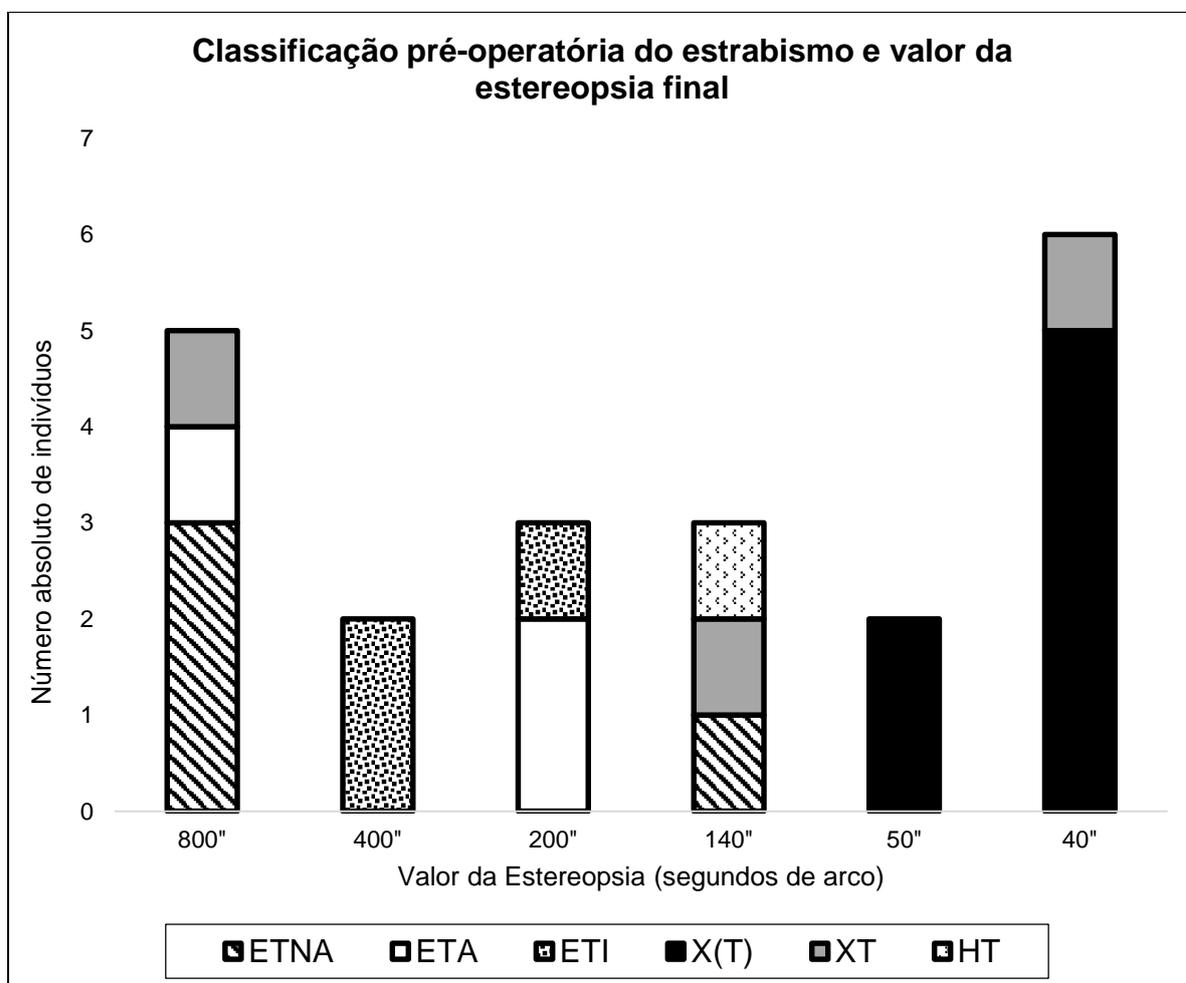


Figura 22 - Classificação pré-operatória do estrabismo e valor da estereopsia final. legenda: ET NA= Esotropia adquirida não acomodativa; X(T) = Exotropia intermitente; ET A = Esotropia acomodativa; ET I = Esotropia Infantil; XT = Exotropia Básica; HT = Hipertropia.

Correlacionando-se o sucesso cirúrgico quanto ao alinhamento ocular e a presença de algum grau de Estereopsia no pós-operatório final, observamos que 19 pacientes (59%) dentre os 32 que obtiveram sucesso, apresentaram algum grau de estereopsia preservado, versus 2 pacientes (16%) dentre os 12 indivíduos em que não se obteve sucesso no alinhamento ocular (Razão de Prevalência = 3,68) (Figura 23).

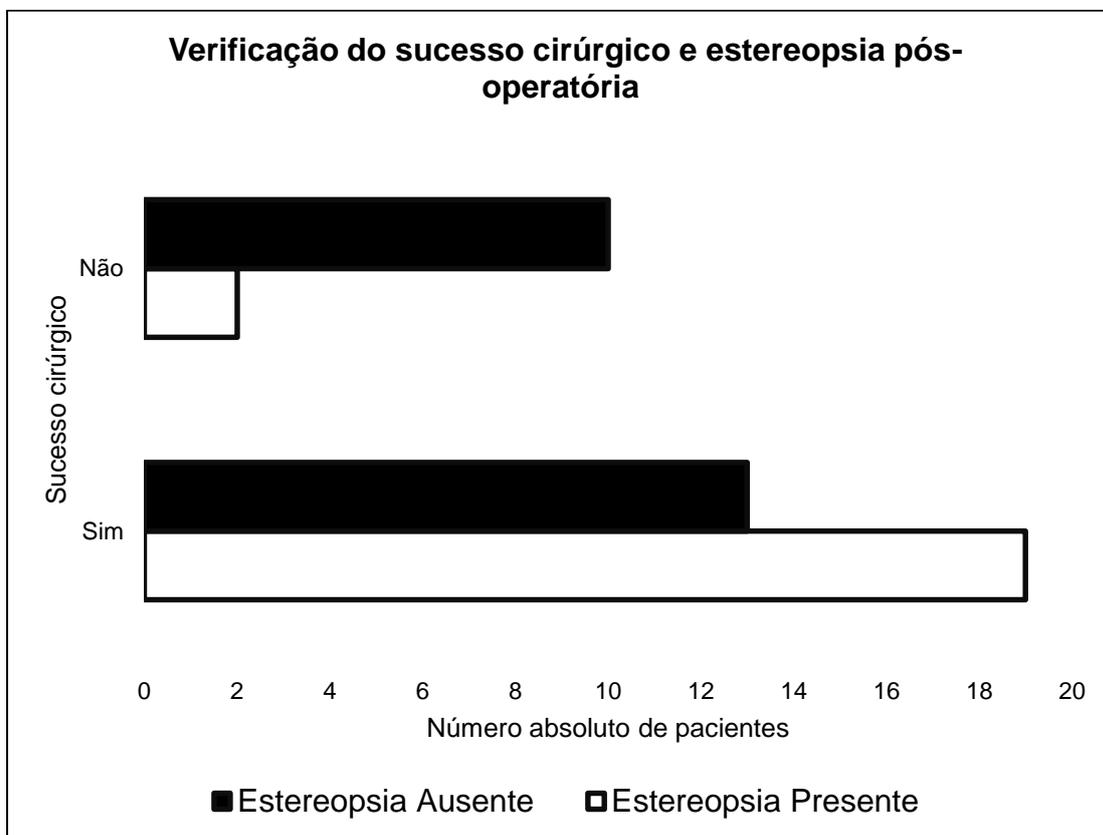


Figura 23 - Verificação do sucesso cirúrgico e estereopsia pós-operatória.

A acuidade visual corrigida não apresentou alterações entre os tempos pré e pós-operatórios no pacientes submetidos à correção cirúrgica do estrabismo.

4.1.2 Grupo Controle

Foram avaliados 116 escolares de 10 a 15 anos de ambos os sexos. Pacientes portadores de comorbidades oculares ou sistêmicas, com queixas oftalmológicas, portadores de estrabismo de condução clínica ou em uso de correção com óculos foram excluídos da pesquisa.

Dos 116 indivíduos avaliados, selecionou-se 62 participantes para o Grupo Controle. Os pacientes do Grupo Controle apresentavam-se sem queixas oculares, sem desvio ocular, com acuidade visual 10/10 em ambos os olhos sem necessidade de correção com óculos e estereopsia dentro da normalidade, sendo 38 do sexo feminino (61,2%) com média etária $10,89 \pm 1,05$ anos. A distribuição quanto à idade e sexo encontra-se na Figura 24.

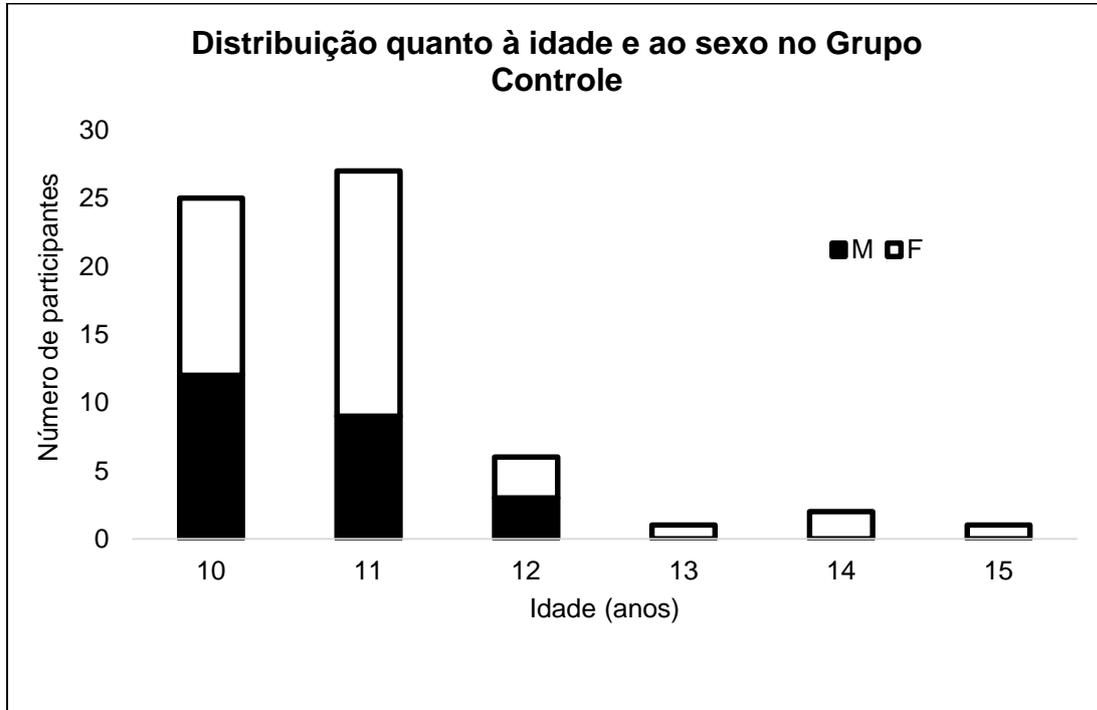


Figura 24 - Distribuição quanto à idade e ao sexo no grupo controle. Legenda: F = Feminino; M = Masculino

4.2 AVALIAÇÃO VISUAL FUNCIONAL

4.2.1 Estudo Transversal: Análise comparativa entre os grupos Casos e Controle

Na análise dos dados para composição do Estudo Transversal controlado foram avaliados 45 indivíduos do Grupo Casos e 62 indivíduos do Grupo Controle. Os resultados obtidos para essa fase do estudo fazem parte do artigo científico publicado recentemente na revista *Frontiers in Human Neuroscience* que pode ser visualizado em anexo (Anexo).

Para análise de comparação entre os grupos (Casos versus Controle) nas respostas ao teste de imagens avaliou-se:

- Tempo de resposta (Δt) sendo, o período de tempo gasto desde o momento em que o indivíduo visualizava a imagem, estimava seu tamanho e a ajustava até passar à próxima figura (em segundos).
- Suscetibilidade ou Magnitude da percepção ilusória, por meio da diferença (*Diff*) no tamanho estimado subjetivamente pelo paciente (PIS) versus o tamanho objetivo do estímulo (PIO) apresentado em milímetros (mm).

As variáveis dependentes (Tempo de resposta e Suscetibilidade) foram avaliadas para cada figura dentro dos três blocos de imagens apresentadas (Vertical-horizontal, Brentano e Ponzo) tanto na resposta a imagens ilusórias quanto a imagens neutras. Todas as respostas também foram mensuradas considerando-se a localização da posição de ajuste na figura (vertical x horizontal).

Quanto à avaliação de associação entre as variáveis dependentes: a) Tempo de resposta e b) Suscetibilidade, e as variáveis independentes: a) idade,

b) sexo, c) tipo de estrabismo (divergente, convergente, vertical), d) período de surgimento do estrabismo (congenito ou infantil), e e) tamanho do desvio ocular em dioptrias prismáticas (pequeno, médio ou grande), não se observou diferença significativa entre os Grupos Casos e Controle para as três ilusões visuais apresentadas.

No teste de Ponzo, os indivíduos com estrabismo foram mais suscetíveis às imagens ilusórias com ajuste horizontal ($p = 0,006$) em comparação ao Grupo Controle. A estimativa de voluntários com estrabismo foi de $-82,82 \pm 36,75$ mm versus $-63,38 \pm 34,14$ mm no Grupo Controle. Pacientes com estrabismo também foram mais suscetíveis às imagens ilusórias de Ponzo em geral ($p = 0,030$) especificamente para as figuras do eixo horizontal ($p = 0,005$). (Figura 25 e Tabela 8).

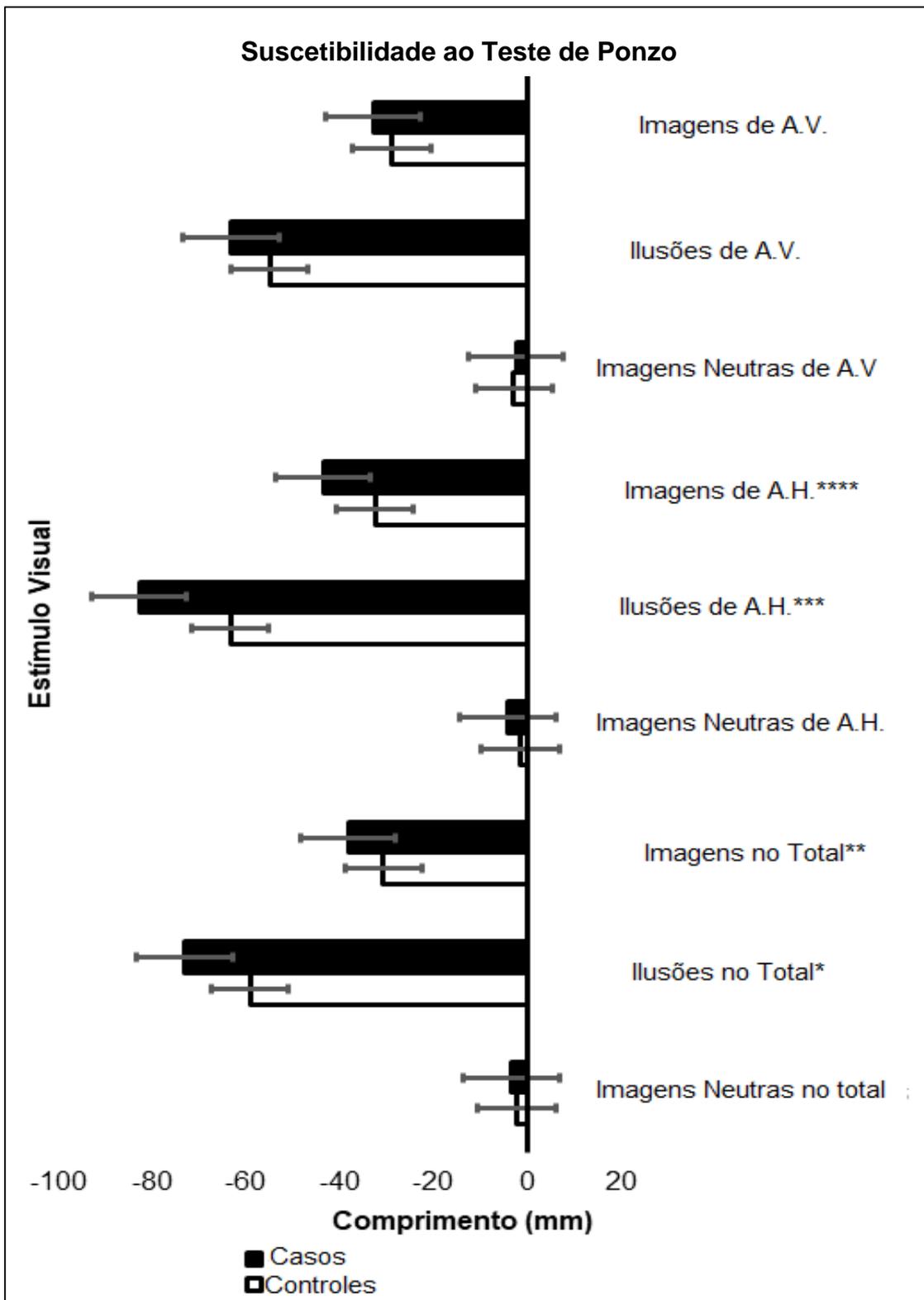


Figura 25 - Estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) entre os Grupos Casos (n 45) versus Controle (n 62) no teste de Ponzo. H.A., imagens de ajuste horizontal; V.A., imagens de Ajuste Vertical; * valor de p 0,030; **valor p 0,0037, *** valor p 0,006; **** valor p 0,005. As barras de erro mostradas representam o Erro Padrão.

Tabela 8 - Estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) e tempo de resposta (em segundos) para ajuste da imagem entre pacientes com Estrabismo (Grupo Casos n 45) versus Grupo Controle (n 62).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Teste		Grupo Controle (n 62)			Pacientes estrábicos (n 45)			Teste T *	
			M	DP	Med	M	DP	Med	t	p-valor
Imagens Neutras	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-5.520	19.177	0.000	6.810	24.398	0.000	-2.926	.004
		Δt	8.721	5.870	7.559	7.797	5.372	6.640	.833	.407
	Brentano	<i>Diff</i>	0.295	27.094	1.221	6.264	26.351	7.317	-1.138	.258
		Δt	7.894	4.342	7.144	7.634	2.628	7.549	.357	.722
	Ponzo	<i>Diff</i>	-2.092	10.768	-1.369	-3.241	8.617	-0.456	.591	.556
		Δt	5.306	2.556	5.325	6.305	3.499	5.535	-1.706	.091
Imagens Ilusórias	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-129.249	114.222	-118.000	-153.237	105.128	-137.263	1.108	.270
		Δt	11.296	5.825	10.239	11.301	4.062	10.399	-.005	.996
	Brentano	<i>Diff</i>	-5.352	39.812	0.156	-2.816	34.101	-1.821	-.345	.731
		Δt	9.178	4.410	8.205	9.158	3.027	8.784	.026	.979
	Ponzo	<i>Diff</i>	-59.153	33.875	-57.188	-73.063	29.687	-67.700	2.207	.030
		Δt	8.974	3.323	8.566	11.336	5.067	10.688	-2.911	.004
Total de imagens	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-88.006	76.813	-78.083	-99.888	69.994	-92.733	.820	.414
		Δt	10.438	5.199	8.838	10.133	3.999	9.346	.329	.746
	Brentano	<i>Diff</i>	-3.470	31.485	1.729	0.211	29.156	1.022	-.616	.540
		Δt	8.750	4.278	7.919	8.650	2.824	8.575	.136	.892
	Ponzo	<i>Diff</i>	-30.623	19.655	-28.591	-38.152	15.964	-33.856	2.112	.037
		Δt	7.140	2.572	6.794	8.820	3.533	8.556	-2.849	.005
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	6.326	24.734	0.000	6.180	29.207	0.000	.028	.978
		Δt	8.118	5.841	6.957	7.204	4.824	5.830	.858	.393
	Brentano	<i>Diff</i>	2.718	52.041	1.217	-4.335	38.607	-3.650	.768	.444
		Δt	7.875	4.540	7.330	7.314	2.869	6.901	.729	.468
	Ponzo	<i>Diff</i>	-1.370	10.201	0.000	-4.164	13.671	-1.825	1.211	.229
		Δt	5.435	3.108	5.153	6.334	3.748	5.693	-1.354	.179

Continua

Conclusão

Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-85.024	111.344	-62.175	-102.796	107.445	-76.850	.827	.410
		Δt	11.205	8.481	9.354	11.013	3.928	10.551	.141	.888
	Brentano	<i>Diff</i>	-11.010	56.729	-5.188	-11.402	48.465	-13.425	.037	.970
		Δt	9.429	4.897	8.156	9.302	3.153	9.021	.153	.876
	Ponzo	<i>Diff</i>	-63.385	34.143	-65.875	-82.824	36.750	-78.700	2.815	.006
		Δt	9.287	3.521	8.510	11.460	4.697	11.168	-2.737	.007
Imagens de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-54.574	76.943	-36.600	-66.471	71.829	-51.267	.812	.419
		Δt	10.176	6.478	8.400	9.743	3.589	9.229	.405	.686
	Brentano	<i>Diff</i>	-6.434	47.554	-5.897	-9.047	40.428	-10.161	.298	.766
		Δt	8.911	4.570	8.025	8.639	2.897	8.432	.351	.726
	Ponzo	<i>Diff</i>	-32.378	19.428	-33.563	-43.494	20.663	-41.175	2.845	.005
		Δt	7.361	2.744	6.878	8.897	3.721	8.646	-2460	.016
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-17.365	36.286	-5.475	7.439	31.739	0.000	-3.676	.000
		Δt	9.325	7.259	7.907	8.391	6.774	6.989	.675	.501
	Brentano	<i>Diff</i>	-2.129	38.570	1.217	16.862	33.516	13.417	-2.654	.009
		Δt	7.913	4.351	6.708	7.954	2.793	8.002	-.056	.956
	Ponzo	<i>Diff</i>	-2.814	14.487	0.000	-2.318	9.631	0.000	-.200	.842
		Δt	5.178	2.895	4.446	6.275	5.132	4.936	-1.405	.163
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-173.474	129.516	-169.025	-203.678	116.718	-177.525	1.241	.217
		Δt	11.386	5.046	10.429	11.588	4.663	10.388	-.211	.833
	Brentano	<i>Diff</i>	0.306	50.775	3.958	5.771	47.749	-1.825	-.563	.574
		Δt	8,927	4.517	8.146	9.014	3.043	8.716	-.113	.911
	Ponzo	<i>Diff</i>	-54.921	39.377	-53.988	-63.301	30.958	-57.663	1.186	.238
		Δt	8.661	3.793	7.823	11.212	5.990	9.712	-2.693	.008
Imagens de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-121.438	87.709	-125.058	-133.306	78.525	-118.350	.722	.472
		Δt	10.699	5.178	9.683	10.522	4.730	10.080	.181	.857
	Brentano	<i>Diff</i>	-0.505	40,422	1.831	9.468	39.045	10.172	-1.278	.204
		Δt	8.589	4.235	7.744	8.661	2.840	8.471	-.099	.921
	Ponzo	<i>Diff</i>	-28.868	22.940	-26.081	-32.810	16.624	-28.363	.980	.329
		Δt	6.919	2.819	6.473	8.744	4.116	8.063	-2.721	.008

Legenda: *Graus de Liberdade = 105; *Diff*, Diferença na mensuração do tamanho da imagem (em milímetros); Δt , tempo de latência para ajustar a imagem (em segundos); M, média; DP, Desvio Padrão; Med, Mediana.

A Figura 26 demonstra uma diferença significativa, com maior tempo de resposta nos pacientes estrábicos na avaliação de imagens ilusórias de ajuste horizontal no teste de Ponzo, sendo 11.460 ± 4.697 segundos para pacientes com estrabismo versus 9.287 ± 3.521 segundos para o grupo Controle ($p = 0,007$). Da mesma forma, observou-se que o tempo de resposta foi maior nos pacientes com estrabismo nas imagens ilusórias de ajuste vertical (11.212 ± 5.990 segundos) para o grupo Casos (versus 8.661 ± 3.793 segundos) para o grupo Controle; $p = 0,008$ e nas imagens ilusórias em geral ($p = 0,004$) (Tabela 8).

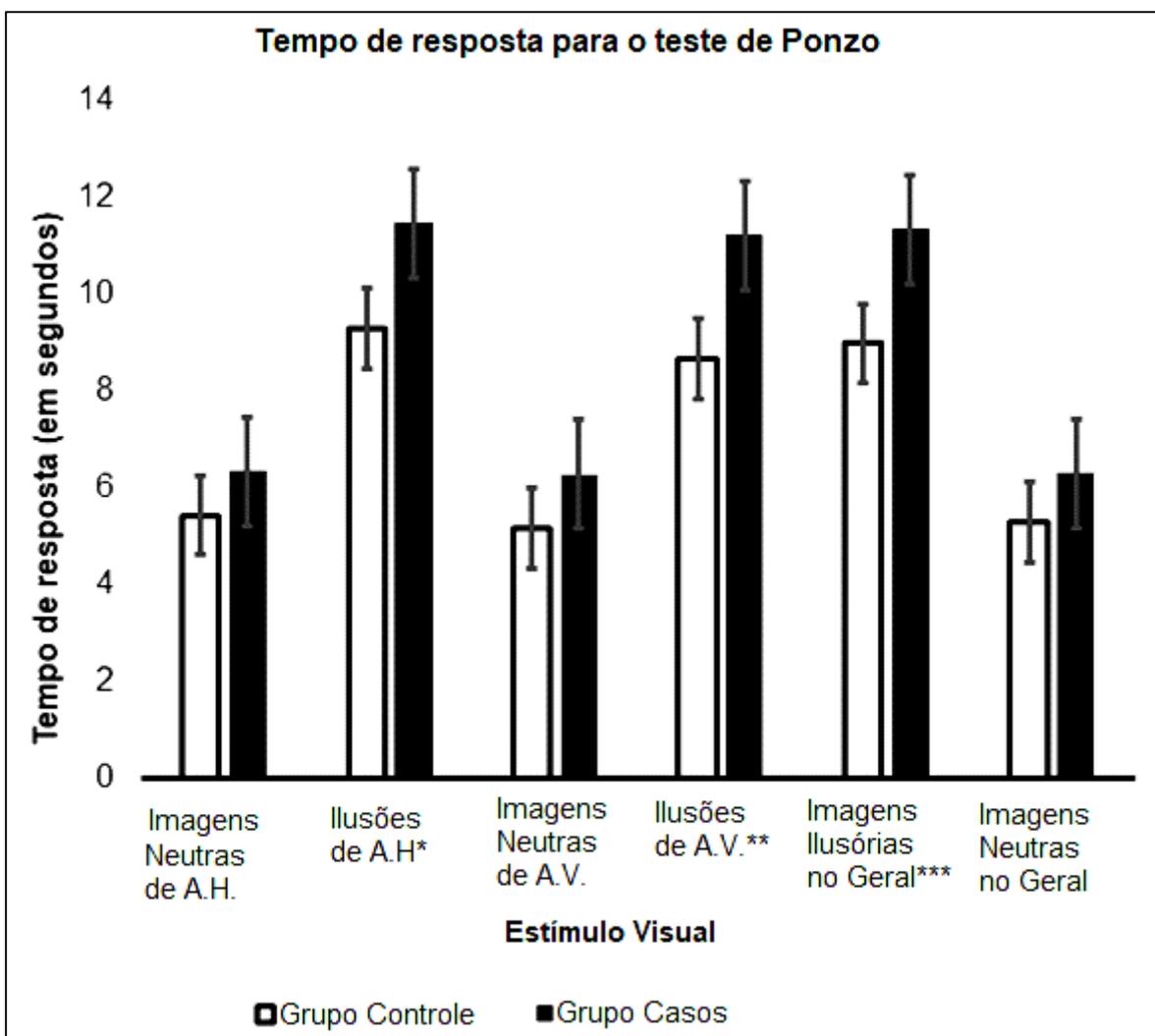


Figura 26 - Tempo de resposta (em segundos) para ajustar a imagem entre os Casos (n 45) versus o Grupo Controle (n 62) no teste de Ponzo. H.A., imagens de Ajuste Horizontal; V.A., imagens de Ajuste Vertical; * p-valor 0,007, **p-valor 0,008; ***p-valor 0,004. As barras de erro representam o Erro Padrão.

Nesta fase do estudo apenas 8 indivíduos (17,8%) com estrabismo apresentaram algum grau de estereopsia.

Na Figura 27, verifica-se que os indivíduos com estrabismo que apresentavam algum grau de estereopsia tiveram resposta semelhante ao Grupo Controle quanto à suscetibilidade ilusória no teste de Ponzo com ajuste horizontal ($-19,72 \pm 10,62$ mm no Grupo Controle, versus $-20,28 \pm 12,41$ mm no grupo Casos com estereopsia versus $-26,95 \pm 11,03$ mm no grupo Casos sem estereopsia; Post-Hoc Tukey $p=0,005$) (Tabela 9 e Tabela 10).

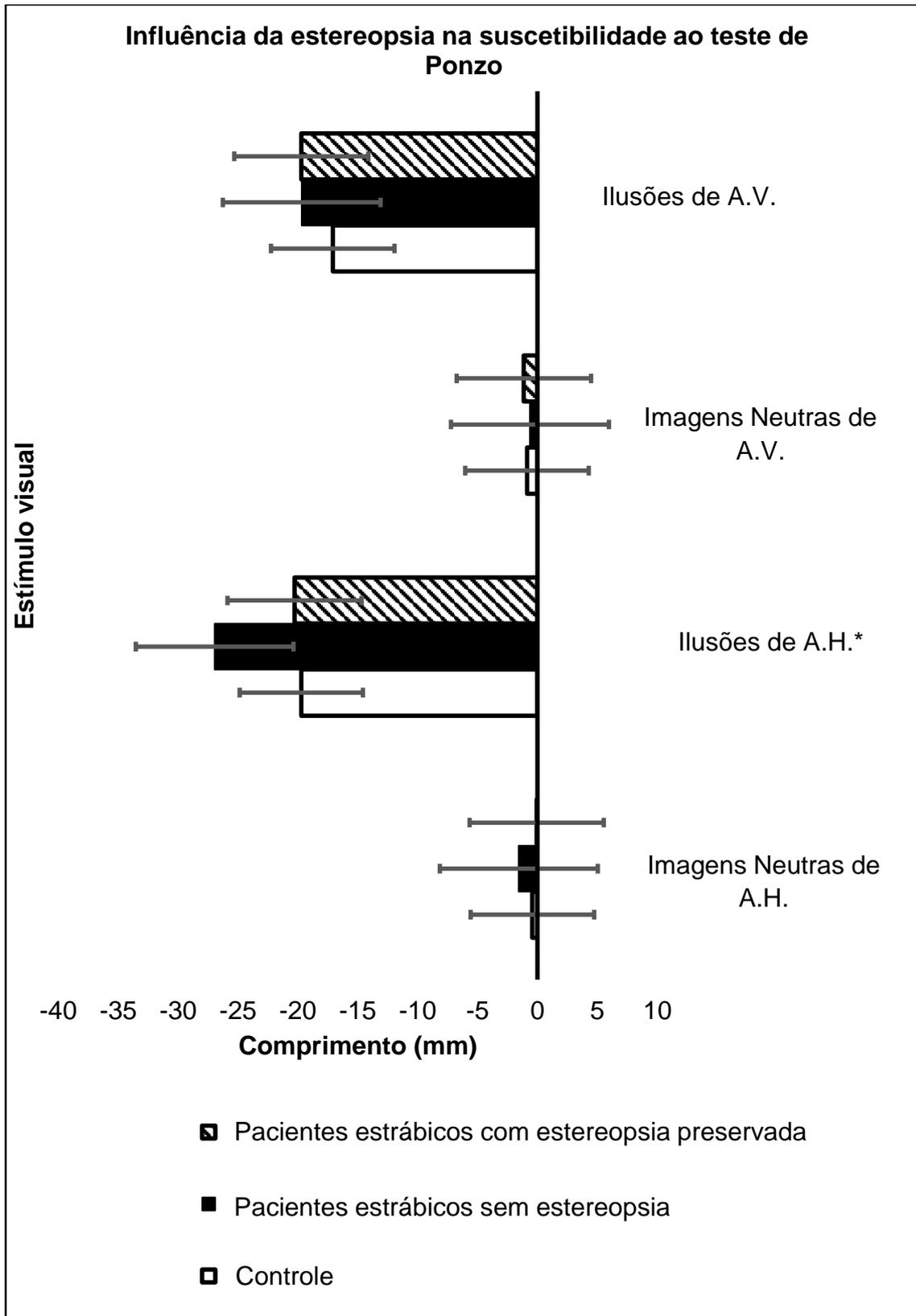


Figura 27 - Influência da estereopsia na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) ao teste de Ponzo entre os Grupos: Participantes com estrabismo e estereopsia preservada (n 8), Participantes com estrabismo sem estereopsia (n 37) e grupo Controle (n 62). H.A., imagens de ajuste horizontal; V.A., imagens de Ajuste Vertical; Teste Ponzo: * p-valor 0,007 (Tukey Post-Hoc p-valor = 0,005). Barras representam o Erro padrão.

Tabela 9 - Influência da estereopsia na estimativa do tamanho da imagem (mm) e tempo de resposta (em segundos) entre os Grupo: Controle (n 62), Estrábicos com estereopsia preservada (n 8) e Estrábicos sem estereopsia preservada (n 37)

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Teste		Estereopsia			Teste de Levene *	ANOVA unidirecional	
			Grupo Controle (n 62)	Pacientes Estrábicos (n 45)			Z	p-valor
			M (DP)	Não (n 37) M (DP)	Sim (n 8) M (DP)			
Imagens Neutras	Vertical-Horizontal	Diff	-1.717 (5.966)	1.546 (7.887)	4.766 (5.702)	.300	5.065	.008
		Δt	8.721 (5.870)	8.136 (5.411)	6.323 (5.236)	.988	.716	.491
	Brentano	Diff	.09 (8.43)	2.41 (8.64)	-.17 (5.70)	.628	.957	.387
		Δt	7.894 (4.342)	7.865 (2.722)	6.568 (1.928)	.588	.462	.631
	Ponzo	Diff	-.651 (3.350)	-1.096 (2.753)	-.604 (2.441)	.854	.256	.775
		Δt	5.306 (2.556)	6.768 (3.623)	4.162 (1.752)	.062	4.116	.019
Imagens Ilusórias	Vertical-Horizontal	Diff	-40.211(35.536)	-48.409 (29.904)	-44.270 (45.923)	.352	.656	.521
		Δt	11.296 (5.825)	11.526 (4.145)	10.259 (3.726)	.572	.197	.821
	Brentano	Diff	-1.665 (12.386)	.779 (10.229)	-8.531 (9.375)	.972	2.219	.114
		Δt	9.178 (4.410)	9.491 (3.059)	7.620 (2.488)	.612	.765	.468
	Ponzo	Diff	-18.403(10.539)	-23.321 (9.330)	-19.998 (8.840)	.542	2.790	.066
		Δt	8.974 (3.323)	11.492 (4.577)	10.614 (7.273)	.101	4.355	.015
Total de Imagens	Vertical-Horizontal	Diff	-27.380 (23.897)	-31.758 (19.701)	-27.925 (31.157)	.284	.424	.656
		Δt	10.438 (5.199)	10.396 (4.115)	8.916 (3.374)	.474	.374	.689
	Brentano	Diff	-1.079 (9.795)	1.321 (8.959)	-5.743 (7.580)	.975	2.061	.132
		Δt	8.750 (4.278)	8.949 (2.876)	7.269 (2.224)	.689	.675	.511
	Ponzo	Diff	-9.527 (6.115)	-12.209 (5.011)	-10.301 (4.746)	.578	2.598	.079
		Δt	7.140 (2.572)	9.130 (3.488)	7.388 (3.609)	.382	5.218	.007
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	Diff	1.968 (7.695)	1.138 (9.117)	5.549 (8.555)	.442	.935	.396
		Δt	8.118 (5.849)	7.550 (4.822)	5.602 (4.807)	.654	.788	.458
	Brentano	Diff	.846 (16.191)	-.779 (12.660)	-3.985 (8.538)	.392	.451	.638
		Δt	7.875 (4.540)	7.573 (3.005)	6.119 (1.821)	.569	.716	.491
	Ponzo	Diff	-.426 (3.174)	-1.561 (4.411)	-.070 (3.396)	.174	1.279	.283
		Δt	5.435 (3.108)	6.724 (3.917)	4.530 (2.212)	.052	2.333	.102

Continua

Conclusão								
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-26.452 (34.640)	-32.786 (30.298)	-28.258 (47.786)	.305	.397	.674
		Δt	11.205 (8.481)	11.071 (3.851)	10.748 (4.540)	.401	.017	.983
	Brentano	<i>Diff</i>	-3.425 (17.649)	-1.764 (15.156)	-11.796 (12.374)	.876	1.215	.301
		Δt	9.429 (4.897)	9.612 (3.126)	7.867 (3.063)	.516	.566	.570
	Ponzo	<i>Diff</i>	-19.720 (10.622)	-26.953 (11.030)	-20.283 (12.418)	.624	5.251	.007
		Δt	9.287 (3.521)	11.634 (4.509)	10.659 (5.763)	.248	3.913	.023
Imagens de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-16.979 (23.938)	-21.478 (20.120)	-16.989 (32.220)	.296	.448	.640
		Δt	10.176 (6.478)	9.897 (3.503)	9.033 (4.143)	.247	.163	.850
	Brentano	<i>Diff</i>	-2.002 (14.795)	-1.435 (12.726)	-9.192 (10.246)	.875	1.078	.344
		Δt	8.911 (4.570)	8.932 (2.914)	7.285 (2.557)	.541	.633	.533
	Ponzo	<i>Diff</i>	-10.073 (6.044)	-14.257 (6.098)	-10.177 (7.271)	.796	5.565	.005
		Δt	7.361 (2.744)	9.179 (3.835)	7.594 (3.008)	.256	3.859	.024
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-5.402 (11.289)	1.954 (10.562)	3.982 (5.937)	.143	6.825	.002
		Δt	9.325 (7.259)	8.722 (6.982)	6.862 (5.868)	.929	.454	.636
	Brentano	<i>Diff</i>	-.662 (12.000)	5.590 (10.332)	3.654 (11.442)	.865	3.590	.031
		Δt	7.913 (4.351)	8.157 (2.830)	7.017 (2.576)	.645	.300	.742
	Ponzo	<i>Diff</i>	-.875 (4.507)	-.631 (2.972)	-1.138 (3.279)	.945	.074	.929
		Δt	5.178 (2.895)	6.812 (5.473)	3.794 (1.708)	.038	17.764†	.037
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-53.969 (40.294)	-64.033 (34.834)	-60.283 (45.105)	.771	.793	.455
		Δt	11.386 (5.046)	11.981 (4.839)	9.769 (3.410)	.580	.698	.500
	Brentano	<i>Diff</i>	.095 (15.797)	3.323 (14.691)	-5.267 (14.415)	.755	1.193	.308
		Δt	8.927 (4.517)	9.369 (3.136)	7.372 (1.966)	.496	.845	.432
	Ponzo	<i>Diff</i>	-17.087 (12.250)	-19.690 (10.014)	-19.712 (8.207)	.308	.696	.501
		Δt	8.661 (3.793)	11.351 (5.246)	10.569 (9.132)	.064	3.683	.028
Imagens de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-37.780 (27.287)	-42.037 (23.342)	-38.862 (30.658)	.703	.306	.737
		Δt	10.699 (5.178)	10.895 (5.002)	8.800 (2.808)	.392	.595	.553
	Brentano	<i>Diff</i>	-.157 (12.576)	4.078 (11.836)	-2.294 (12.995)	.876	1.697	.188
		Δt	8.589 (4.235)	8.965 (2.924)	7.254 (1.996)	.598	.705	.469
	Ponzo	<i>Diff</i>	-8.981 (7.137)	-10.160 (5.487)	-10.425 (3.640)	.303	.482	.619
		Δt	6.919 (2.819)	9.081 (4.026)	7.182 (4.444)	.249	4.762	.010

Legenda: *Diff*, Diferença na mensuração da imagem (em mm); Δt , Tempo de resposta para ajuste da imagem (em segundos); M média; DP, desvio padrão; Z, Z escore.

Tabela 10 - Teste Tukey Pos-Hoc para influência da estereopsia na estimativa do tamanho da imagem entre os Grupos: Controle, Pacientes estrábicos com Estereopsia Preservada e Pacientes Estrábicos sem estereopsia.

Imagens Ajustáveis apresentadas	Grupo	Grupo	Diferença Média	Erro	p-valor	IC 95%	
						Limite Inferior	Limite Superior
Teste Vertical-Horizontal Imagens Neutras	Controle	Estereopsia Ausente	-3.263	1.387	.053	-6.562	.035
		Estereopsia Presente	-6.483	2.508	.030	-12.448	-.517
	Estereopsia Ausente	Controle	3.263	1.387	.053	-.0353	6.562
		Estereopsia Presente	-3.219	2.603	.435	-9.410	2.971
	Estereopsia Presente	Controle	6.483	2.508	.030	.517	12.448
		Estereopsia Ausente	3.219	2.603	.435	-2.971	9.410
Teste Vertical-Horizontal Imagens Neutras de Ajuste Vertical	Controle	Estereopsia Ausente	-7.356	2.234	.004	-12.670	-2.042
		Estereopsia Presente	-9.384	4.041	.057	-18.994	.225
	Estereopsia Ausente	Controle	7.356	2.234	.004	2.042	12.670
		Estereopsia Presente	-2.028	4.194	.879	-12.002	7.945
	With Stereopsis	Controle	9.384	4.041	.057	-.225	18.994
		Estereopsia Ausente	2.028	4.194	.879	-7.945	12.002

Continua

Continuação	Controle	Estereopsia Ausente	-6.252	2.370	.026	-11.889	- .616
Teste de Brentano		Estereopsia Presente	-4.315	4.286	.574	-14.508	5.877
Imagens Neutras de Ajuste Vertical		Controle	6.252	2.370	.026	.616	11.889
	Estereopsia Ausente	Estereopsia Presente	1.936	4.449	.901	-8.642	12.516
		Controle	4.315	4.286	.574	-5.877	14.508
	Estereopsia Presente	Estereopsia Ausente	-1.936	4.449	.901	-12.516	8.642
Teste de Ponzo	Controle	Estereopsia Ausente	7.233	2.263	.005	1.852	12.614
Ilusões de Ajuste Horizontal	Controle	Estereopsia Presente	.563	4.092	.990	-9.166	10.294
	Estereopsia Ausente	Controle	-7.233	2.263	.005	-12.614	-1.852
	Estereopsia Ausente	Estereopsia Presente	-6.669	4.247	.263	-16.768	3.429
	Estereopsia Presente	Controle	-.563	4.092	.990	-10.294	9,166
	Estereopsia Presente	Estereopsia Ausente	6.669	4.247	.263	-3.429	16.768
	Controle	Estereopsia Ausente	4.183	1.278	.004	1.144	7.223

Conclusão

	Controle	Estereopia Presente	.103	2.311	.999	-5.392	5.599
	Estereopsia Ausente	Controle	-4.183	1.278	.004	-7.223	-1,144
Teste dePonzo	Estereopsia Ausente	Estereopia Presente	-4.080	2.399	.210	-9.784	1.624
Imagens de Ajuste Horizontal	Estereopia Presente	Controle	-.103	2.311	.999	-5.599	5,392
	Estereopia Presente	Estereopsia Ausente	4.080	2.399	.210	-1.624	9.784

A Figura 28 demonstra que a presença de estereopsia influencia no tempo de resposta para o teste de Ponzo, que é semelhante entre os participantes com estrabismo com estereopsia preservada e o Grupo Controle. O tempo de resposta foi significativamente maior nos pacientes com estrabismo sem estereopsia para imagens ilusórias de ajuste horizontal (p-valor 0,023, Tabela 9; Tukey Post-Hoc p-valor = 0,018, Tabela 11); imagens neutras de ajuste vertical (p-valor = 0,037, Tabela 9; Games-Howell = 0,022, Tabela 11); imagens ilusórias de ajuste vertical (p-valor = 0,028, Tabela 9; Post-Hoc p-valor= 0,024, Tabela 11) em comparação com o Grupo Controle.

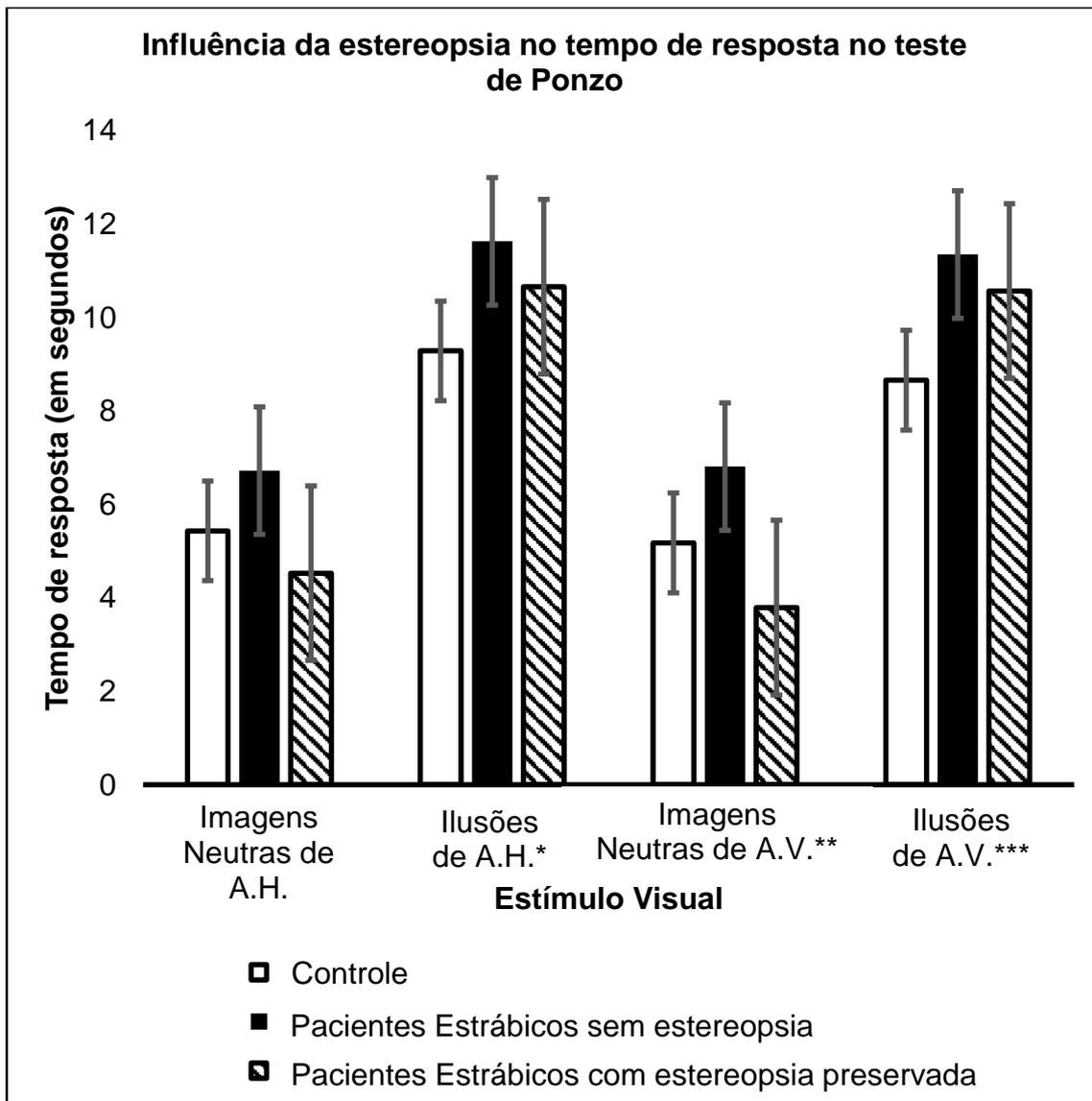


Figura 28 - Influência da estereopsia no tempo de resposta (em segundos) no teste de Ponzo entre os Grupos: Pacientes com estrabismo e Estereopsia preservada (n 8), Paciente com estrabismo sem estereopsia (n 37) e grupo Controle (n 62). A.H.,Imagens de Ajuste Horizontal; A.V.,Imagens de Ajuste Vertical; Ilusões de A.H., p valor 0.023* (Tukey Pos-Hoc p valor 0.018); Imagens Neutras de A.V., p valor 0.037** (Games-Howeel 0.022); Ilusões de A.V., p valor 0.028*** (TurkeyPos-Hoc 0.024). As Barras representam o Erro Padrão.

Tabela 11 - Teste Post-Hoc para influência da estereopsia no tempo de resposta (em segundos) entre os Grupos: Controle, Paciente estrábicos com estereopsia Preservada e Pacientes Estrábicos sem Estereopsia Preservada.

Imagens Ajustáveis Apresentadas <i>Teste de Ponzo</i>	Test	Grupo	Grupo	Diferença Média	Erro	p-valor	IC 95%	
							Limite Inferior	Limite Superior
Imagens Neutras	Tukey HSD	Controle	Estereopsia Ausente	-1.461	.608	.047	-2.908	-.014
			Estereopsia Presente	1.144	1.100	.554	-1.472	3.760
		Estereopsia Ausente	Controle	1.461	.608	.047	.014	2.908
			Estereopsia Presente	2.605	1.142	.063	-.110	5.321
		Estereopsia Presente	Controle	-1.144	1.100	.554	-3.760	1.472
			Estereopsia Ausente	-2.605	1.142	.063	-5.321	.110
Imagens Ilusórias	Tukey HSD	Controle	Estereopsia Ausente	-2.518	.863	.012	-4.572	-.464
			Estereopsia Presente	-1.640	1.562	.547	-5.354	2.074
		Estereopsia Ausente	Controle	2.518	.863	.012	.464	4.572
			Estereopsia Presente	.878	1.621	.851	-2.976	4.733
		Estereopsia Presente	Controle	1.640	1.562	.547	-2.074	5.354
			Estereopsia Ausente	-.878	1.621	.851	-4.733	2.976
Total de imagens	Tukey HSD	Controle	Estereopsia Ausente	-1.990	.622	.005	-3.469	-.510
			Estereopsia Presente	-.247	1.125	.974	-2.922	2.427
		Estereopsia Ausente	Controle	1.990	.622	.005	.510	3.469
			Estereopsia Presente	1.742	1.167	.299	-1.034	4.518
		Estereopsia Presente	Controle	.247	1.125	.974	-2.427	2.922
			Estereopsia Ausente	-1.742	1.167	.299	-4.518	1.034
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	Tukey HSD	Controle	Estereopsia Ausente	-2.347	.845	.018	-4.356	-.338

Continuação

Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	Tukey HSD	Controle	Estereopsia Presente	-1.372	1.528	.643	-5.005	2.261
		Estereopsia Ausente	Controle	2.347	.845	.018	.338	4.356
			Estereopsia Presente	.975	1.586	.812	-2,795	4.746
		Estereopsia Presente	Controle	1.372	1.528	.643	-2.261	5.005
			Estereopsia Ausente	-.975	1.586	.812	-4.746	2.795
		Imagens de Ajuste Horizontal	Tukey HSD	Controle	Estereopsia Ausente	-1.818	.660	.019
Estereopsia Presente	-.233				1.194	.979	-3.074	2.607
Estereopsia Ausente	Controle			1.818	.660	.019	.247	3.389
	Estereopsia Presente			1.584	1.240	.411	-1.364	4.533
Estereopsia Presente	Controle			.233	1.194	.979	-2.607	3.074
	Estereopsia Ausente			-1.584	1.240	.411	-4.533	1.364
Imagens Neutras de Ajuste vertical	Games-Howell	Controle	Estereopsia Ausente	-1.633	.972	.223	-3.984	.716
			Stereopsia Presente	1.383	.706	.163	-.484	3.251
		Estereopsia Ausente	Controle	1.633	.972	.223	-.716	3.984
			Estereopsia Presente	3.017	1.083	.022	.371	5.662
		Estereopsia Presente	Controle	-1.383	.706	.163	-3.251	.484
			Estereopsia Ausente	-3.017	1.083	.022	-5.662	-.371
Imagens lusórias de Ajuste Vertical	Tukey HSD	Controle	Estereopsia Ausente	-2.689	1.008	.024	-5.088	-.291
			Estereopsia Presente	-1.907	1.824	.550	-6.245	2.429
		Estereopsia Ausente	Controle	2.689	1.008	.024	.291	5.088
			Estereopsia Presente	.781	1.893	.910	-3.719	5.283
		Estereopsia Presente	Controle	1.907	1.824	.550	-2.429	6.245
			Estereopsia Ausente	-.781	1.893	.910	-5.282	3.719

Conclusão

Imagens de Ajuste vertical	Tukey HSD	Controle	Estereopsia Ausente	-2.161	.707	.008	-3.844	-.479
			Estereopsia Presente	-.262	1.279	.977	-3.304	2.780
		Estereopsia Ausente	Controle	2.161	.707	.008	.479	3.844
			Estereopsia Presente	1.899	1.328	.329	-1.258	5.057
		Estereopsia Presente	Controle	.262	1.279	.977	-2.780	3.304
			Estereopsia Ausente	-1.899	1.328	.329	-5.057	1.258

A ambliopia foi um fator significativo na estimativa do tamanho da imagem no teste de Ponzo para imagens neutras em geral ($p = 0,046$), principalmente aquelas com ajuste vertical ($p = 0,005$), sendo que os pacientes com ambliopia tenderam à hipercorreção significativa na estimativa do tamanho da imagem ($6,17 \pm 6,25$ mm nos amblíopes versus $-4,15 \pm 9,28$ mm nos não amblíopes com estrabismo) (Figura 29, Tabela 12).

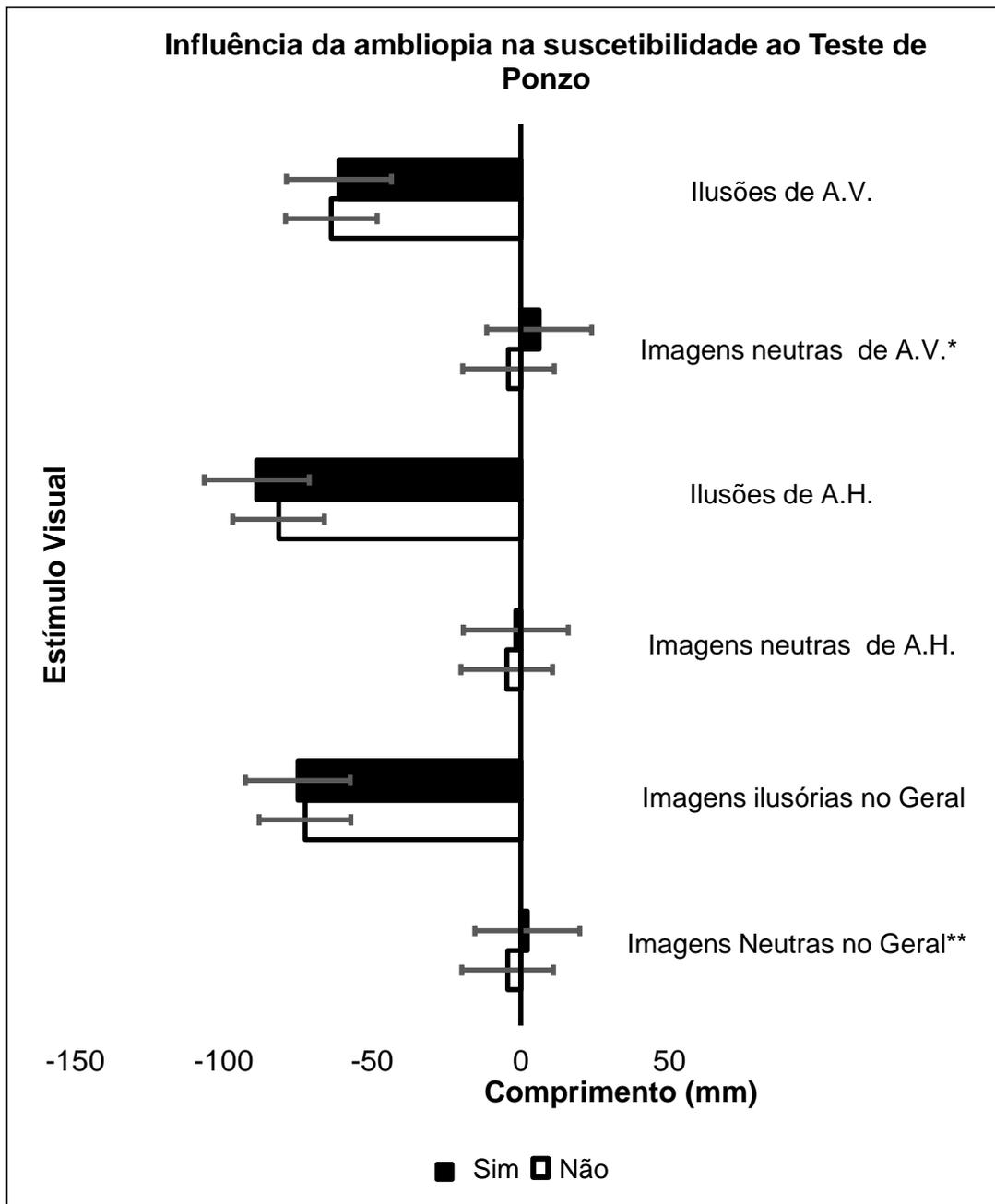


Figura 29 - Influência da presença de Ambliopia na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) no teste de Ponzo para os pacientes do Grupo Casos (estrábicos) com (n 8) e sem (n 37) ambliopia. A.H.,Imagens de Ajuste Horizontal; A.V.,Imagens de Ajuste Vertical, p-value = 0,005 *, p-value 0,046**. As Barras representam o Erro Padrão.

Tabela 12 - Influência da presença de Ambliopia na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) e tempo de resposta (em segundos) entre os Grupos: Estrábicos com ambliopia (n 8) versus estrábicos não ambliopes (n 37).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Teste		Pacientes Estrábicos (n 45)		Teste de Levene	Teste t *	
			Ambliopia			t	p-valor
			Não (n 37)	Sim (n 8)			
			M (DP)	M (DP)			
Imagens Neutras	Vertical-Horizontal	Diff	7.070 (25.542)	5.604 (19.608)	.264	.152	.880
		Δt	8.362 (5.633)	5.183 (2.949)	.086	1.541	.131
	Brentano	Diff	5.045 (26.274)	11.897 (27.751)	.972	-.663	.511
		Δt	7.596 (2.792)	6.946 (1.734)	.278	-.205	.839
	Ponzo	Diff	-4.423 (8,051)	2.228 (9.578)	.888	-2.051	.046
		Δt	6.251 (3.658)	6.552 (2.832)	.422	-.219	.828
Imagens Ilusórias	Vertical-Horizontal	Diff	-151.559 (102.946)	-160.996 (121.993)	.951	.228	.821
		Δt	11.700 (4.247)	9.452 (2.488)	.034	2.001	.061
	Brentano	Diff	-1.643 (33.136)	-8.234 (40.269)	.627	.491	.626
		Δt	9.147 (3.145)	8.042 (2.358)	.544	-.050	.960
	Ponzo	Diff	-72.634 (31.123)	-75.040 (23.508)	.250	.206	.838
		Δt	11.376 (5.459)	11.149 (2.835)	.282	.114	.910
Total de imagens	Vertical-Horizontal	Diff	98.682 (69.617)	-105.462 (76.330)	.813	.246	.807
		Δt	10.587 (4.175)	8.029 (2.171)	.040	2.484	.022
	Brentano	Diff	.585 (28.147)	-1.524 (35.560)	.588	.184	.855
		Δt	8.630 (2.961)	7.676 (2.054)	.465	-.100	.921
	Ponzo	Diff	-38.529 (17.153)	-36.405 (9.193)	.041	-.493	.627
		Δt	8.813 (3.735)	8.851 (2.587)	.236	-.027	.979
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	Diff	7.418 (30.434)	.450 (23.514)	.544	.608	.547
		Δt	7.629 (5.046)	5.233 (3.149)	.078	1.283	.206
	Brentano	Diff	-3.855 (40.359)	-6.552 (31.385)	.474	.177	.860
		Δt	7.407 (3.100)	6.392 (1.782)	.096	.464	.645
	Ponzo	Diff	-4.693 (13.381)	-1.715 (15.668)	.793	-.554	.582
		Δt	6.253 (3.837)	6.706 (3.519)	.189	-.307	.761

Continua

Conclusão							
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-98.783 (97.542)	-121.356 (152.167)	.256	.534	.596
		Δt	11.315 (4.057)	9.617 (3.099)	.253	1.111	.273
	Brentano	<i>Diff</i>	-11.098 (42.087)	-12.808 (75.178)	.366	.089	.929
		Δt	9.241 (3.248)	8.361 (2.945)	.761	-.274	.786
	Ponzo	<i>Diff</i>	-81.512 (38.547)	-88.885 (28.218)	.180	.510	.613
		Δt	11.605 (5.097)	10.789 (2.097)	.079	.441	.661
Imagens de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-63.382 (65.527)	-80.754 (100.320)	.238	.616	.541
		Δt	10.086 (3.709)	8.156 (2.586)	.147	1.394	.171
	Brentano	<i>Diff</i>	-8.684 (36.103)	-10.722 (59.716)	.531	.128	.899
		Δt	8.630 (3.066)	7.704 (2.446)	.387	-.046	.964
	Ponzo	<i>Diff</i>	-43.103 (22.265)	-45.300 (11.380)	.033	.404	.690
		Δt	8.929 (3.982)	8.748 (2.339)	.047	.172	.865
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	6.721 (32.646)	10.759 (28.904)	.748	-.323	.748
		Δt	9.095 (7.154)	5.133 (3.229)	.063	1.522	.135
	Brentano	<i>Diff</i>	13.946 (32.323)	30.346 (37.878)	.708	-1.263	.213
		Δt	7.785 (2.833)	7.500 (2.359)	.521	-.868	.390
	Ponzo	<i>Diff</i>	-4.154 (9.287)	6.173 (6.257)	.253	-2.988	.005
		Δt	6.248 (5.528)	6.399 (2.885)	.582	-.075	.941
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-204.335 (120.085)	-200.635 (107.029)	.412	-.080	.936
		Δt	12.085 (4.906)	9.287 (2.344)	.039	2.419	.024
	Brentano	<i>Diff</i>	7.810 (50.168)	-3.661 (35.545)	.204	.612	.544
		Δt	9.053 (3.186)	7.723 (1.834)	.422	.183	.855
	Ponzo	<i>Diff</i>	-63.756 (31.263)	-61.195 (31.490)	.964	-.210	.835
		Δt	11.147 (6.316)	11.509 (4.495)	.804	-.153	.879
Imagens de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-133.983 (81.742)	-130.170 (66.197)	.233	-.123	.903
		Δt	11.088 (4.972)	7.902 (1.985)	.042	2.957	.006
	Brentano	<i>Diff</i>	9.856 (40.796)	7.674 (31.914)	.404	.142	.888
		Δt	8.633 (2.945)	7.648 (1.788)	.583	-.151	.880
	Ponzo	<i>Diff</i>	-33.955 (16.995)	-27.5109 (14.578)	.425	-.994	.326
		Δt	8.697 (4.308)	8.954 (3.310)	.595	-.158	.875

Legenda: * Graus de Liberdade =43, *Diff*, Diferença na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) ; Δt , Tempo de resposta para ajustar a imagem (em segundos); M média; DP, Desvio Padrão; Med, Mediana.

Quanto ao tempo de resposta, os indivíduos com estrabismo e ambliopia foram mais rápidos ao avaliar o Teste Vertical-horizontal ($p = 0,022$), principalmente para imagens de ajuste vertical no geral ($11,088 \pm 4,972$ segundos em pacientes não amblíopes versus $7,902 \pm 1,985$ segundos em pacientes com ambliopia; p valor = $0,006$), vide Tabela 12.

Dos 45 participantes com estrabismo nessa fase do estudo, 26 apresentaram desvio vertical do olhar (DVD e/ou hipertrofia e/ou anisotropias alfabéticas) associado ao estrabismo horizontal. Nesses indivíduos, observou-se hipercorreção de imagens neutras de ajuste vertical ($p = 0,016$), ilusões de ajuste vertical ($p = 0,015$) e imagens em geral de ajuste vertical ($p = 0,007$) para o teste de Brentano (Figura 30 e Tabela 13).

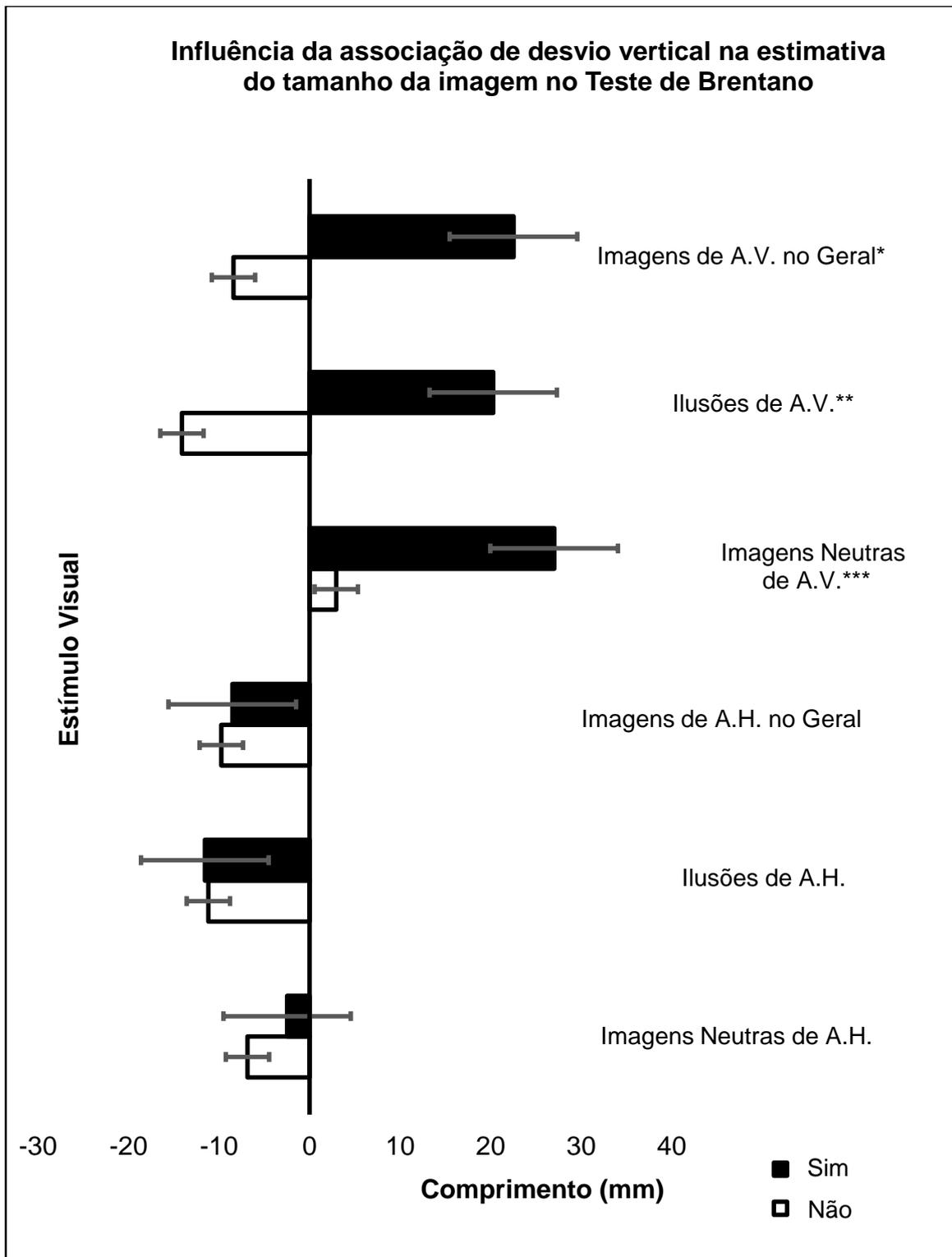


Figura 30 - Influência da presença de estrabismo com desvio vertical associada a desvio horizontal na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) para o Teste de Brentano no Grupo Casos (estrabismo) entre os pacientes com estrabismo e desvio vertical associado (n 26) versus estrábicos sem desvio vertical associado (n 19).H.A.; Imagens de Ajuste Horizontal; A.V.,Imagens de Ajuste Vertical, * p-valor 0,007 , **p-valor 0,015, ***p-valor 0,016. As Barras representam o Erro Padrão.

Tabela 13 - Influência da presença de desvio vertical associado a estrabismo horizontal na estimativa do tamanho da imagem (em milímetros) e o no tempo de resposta (em segundos) entre os Grupos: Estrabismo com desvio vertical associado (n 26) e Estrabismo sem desvio vertical associado (n 19).

Imagem Ajustável Apresentada	Teste	Pacientes Estrábicos (n 45)				Teste de Levene	Teste T*	
		Desvio Vertical		M (DP)	M (DP)		t	p-valor
		Não (n 19)	Sim (n 26)					
Imagens Neutras	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	12.328 (18.764)	2.776 (27.461)	.186	1.308	.198	
		Δt	6.507 (3.962)	8.739 (6.107)	.074	-1.391	.171	
	Brentano	<i>Diff</i>	-1.959 (27.039)	12.279 (24.631)	.871	-1.837	.073	
		Δt	7.374 (1.985)	7.823 (3.037)	.258	-.562	.577	
	Ponzo	<i>Diff</i>	-2.359 (7.501)	-3.885 (9.441)	.330	.583	.563	
		Δt	6.115 (3.568)	6.443 (3.511)	.600	-.308	.760	
Imagens Ilusórias	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-160.911 (126.131)	-147.628 (88.991)	.157	-.415	.680	
		Δt	10.882 (3.203)	11.606 (4.628)	.063	-.586	.561	
	Brentano	<i>Diff</i>	-12.641 (34.124)	4.364 (32.881)	.946	-1.687	.099	
		Δt	9.016 (2.632)	9.261 (3.333)	.462	-.265	.792	
	Ponzo	<i>Diff</i>	-64.630 (23.930)	-79.224 (32.331)	.060	1.661	.104	
		Δt	11.248 (4.986)	11.400 (5.221)	.535	-.099	.922	
Total de imagens	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-103.164 (83.645)	-97.493 (59.757)	.156	-.266	.792	
		Δt	9.423 (2.760)	10.650 (4.691)	.023	-1.099	.278	
	Brentano	<i>Diff</i>	-9.080 (29.238)	7.000 (27.694)	.903	-1.879	.067	
		Δt	8,469 (2.318)	8.782 (3.182)	.322	-.363	.718	
	Ponzo	<i>Diff</i>	-33.495 (12.824)	-41.554 (17.367)	.052	1.709	.095	
		Δt	8.681 (2.724)	8.912 (4.073)	.098	-.223	.825	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	6.936 (24,150)	5.626 (32.873)	.115	.147	.884	
		Δt	6.119 (3.782)	7.995 (5.394)	.157	-1.299	.201	
	Brentano	<i>Diff</i>	-6.871 (38.345)	-2.481 (39,448)	.992	-.373	.711	
		Δt	6.704 (2.168)	7.759 (3.257)	.166	-1.225	.228	
	Ponzo	<i>Diff</i>	-3.753 (12.176)	-4.464 (14.897)	.335	.170	.866	
		Δt	5.685 (3.186)	6.808 (4.106)	.129	-.992	.327	

Continua

Conclusão

Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-111.832 (142.318)	-96.192 (75.017)	.014	-.478	.666
		Δt	10.670 (3.321)	11.264 (4.364)	.115	-.497	.622
	Brentano	<i>Diff</i>	-11.179 (59.179)	-11.565 (40.154)	.221	.026	.979
		Δt	9.351 (2.907)	9.265 (3.378)	.614	.090	.929
	Ponzo	<i>Diff</i>	-75.325 (30.475)	-88.303 (40.425)	.061	1.175	.246
		Δt	11.404 (4.396)	11.501 (4.993)	.475	-.067	.947
Imagens de Ajuste Horizontal	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-72.242 (94.485)	-62.252 (51.076)	.016	-.457	.679
		Δt	9.153 (3.061)	10.174 (3.932)	.239	-.942	.352
	Brentano	<i>Diff</i>	-9.743 (49.640)	-8.537 (33.192)	.209	-.098	.923
		Δt	8.469 (2.454)	8.763 (3.224)	.326	-.333	.741
	Ponzo	<i>Diff</i>	-39.539 (17.648)	-46.383 (22.507)	.168	1.100	.277
		Δt	8.545 (2.942)	9.154 (4.239)	.145	-.538	.593
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	17.721 (25.525)	-.074 (34.128)	.627	1.913	.062
		Δt	6.895 (4.583)	9.484 (7.917)	.026	-1.380	.175
	Brentano	<i>Diff</i>	2.952 (34,709)	27.027 (29.241)	.635	-2.521	.016
		Δt	8.044 (2.430)	7.887 (3.076)	.349	.184	.855
	Ponzo	<i>Diff</i>	-.964 (9.338)	-3.307 (9.901)	.591	.803	.427
		Δt	6.544 (6.790)	6.078 (3.613)	.689	.298	.767
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-209.990 (123.009)	-199.064 (114.147)	.473	-.307	.760
		Δt	11.094 (3.703)	11.948 (5.297)	.056	-.603	.550
	Brentano	<i>Diff</i>	-14.103 (35,829)	20.294 (50.683)	.060	-2.529	.015
		Δt	8.681 (2.490)	9.256 (3.417)	.377	-.622	.537
	Ponzo	<i>Diff</i>	-53.936 (27.197)	-70.144 (32.231)	.297	1.777	.083
		Δt	11.091 (6.232)	11.299 (5.928)	.854	-.114	.910
Imagens de Ajuste Vertical	Vertical-Horizontal	<i>Diff</i>	-134.086 (82.658)	-132.734 (77.022)	.514	-.056	.955
		Δt	9.694 (2.764)	11.127 (5.743)	.003	-1.108	.275
	Brentano	<i>Diff</i>	-8.418 (30,683)	22.539 (39.804)	.166	-2.828	.007
		Δt	8.469 (2.279)	8.800 (3.226)	.283	-.383	.704
	Ponzo	<i>Diff</i>	-27.450 (14.482)	-36.725 (17.251)	.220	1.903	.064
		Δt	8.818 (4.017)	8.689 (4.265)	.564	.103	.919

Legenda: Graus de Liberdade: 43; *Diff*, Diferença na mensuração do tamanho da imagem (em milímetros); Δt , Tempo de resposta para ajustar a imagem (em segundos); M média; DP, Desvio Padrão; Med, Mediana.

Quanto à avaliação de imagens neutras não ilusórias na comparação entre os Grupos Casos e Controle, houve diferença significativa na estimativa do tamanho da imagem para ajuste vertical, no teste de Brentano ($-2,12 \pm 38,57$ mm no Grupo Controle versus $16,86 \pm 33,51$ mm no Grupo Casos; $p = 0,009$) e no teste Vertical-horizontal ($-17,36 \pm 36,28$ mm no Grupo Controle versus $7,43 \pm 31,73$ mm no Grupo Casos; $p = 0,000$) e os indivíduos com estrabismo tenderam a supercorrigir o comprimento da reta ajustada (Tabela 9 apresentada anteriormente).

Considerando-se que todos os indivíduos do grupo Casos tiveram encaminhamento para cirurgia, apenas dois foram diagnosticados com desvio ocular pequeno (até 15Δ), 17 tiveram desvio ocular médio ($15-30\Delta$) e 26 participantes tiveram desvio ocular considerado grande (maior que 30Δ). Não houve diferenças estatisticamente significativas quanto à influência do tamanho do desvio ocular, subtipos de estrabismo (convergente ou divergente) e seu tempo de início (desvios congênitos ou infantis) tanto em relação à estimativa do tamanho da imagem quanto em relação à avaliação do tempo de resposta.

4.2.2 Estudo longitudinal: Ensaio Clínico Observacional Controlado Não-randomizado

Na avaliação longitudinal, dos 48 indivíduos submetidos à cirurgia, somente 44 retornaram para ao menos uma avaliação pós-operatória. Destes, 22 pacientes (50%) compareceram a todas as sessões (pré-operatório e pós-operatório 1, 2 e 3).

Analisando-se a influência da variável Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal em associação ao fator Sucesso Cirúrgico para a suscetibilidade à ilusão de Ponzo, dentre os pacientes que compareceram a todas as consultas de seguimento clínico, observou-se que houve diferença estatística quanto à resposta para as imagens ilusórias no geral ($p=0,014$) e para as imagens ilusórias de Ajuste Horizontal ($p=0,010$), sendo a diferença significativa na associação Sucesso e Tempos pré-operatório e pós-operatório 3 (seguimento de 1 ano).

Houve diminuição da magnitude ilusória entre os pacientes em que se obteve sucesso cirúrgico (-29,105 mm no pré-operatório para -24,381 mm no pós-operatório 3). Em contraponto, para os indivíduos operados onde não se atingiu o resultado estético considerado sucesso observou-se aumento da suscetibilidade à ilusão de Ponzo de Ajuste Horizontal (-16,967 mm em pré-operatório para -26,872 mm em pós-operatório 3) (Figura 31 e Tabela 14).

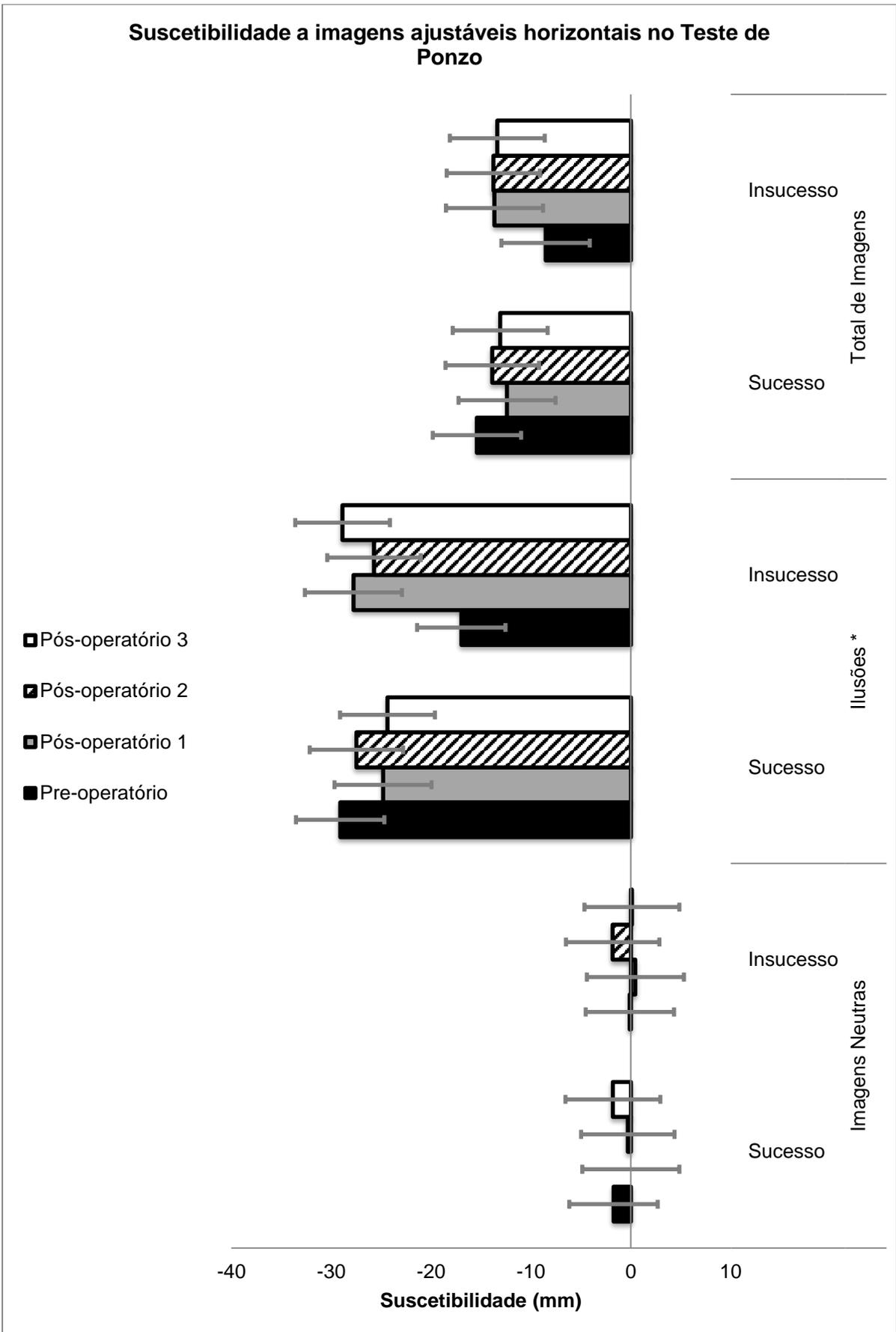


Figura 31 - Suscetibilidade (mm) a Imagens de Ajuste Horizontal considerando-se o Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal e o Sucesso Cirúrgico (n total 22) . Legenda: *p-valor 0,010

Tabela 14 - Influência do tempo de seguimento clínico e do sucesso cirúrgico na suscetibilidade (em milímetros) ao Teste de Ponzo entre os pacientes submetidos à cirurgia nos quais se obteve sucesso (n 17) e não se obteve sucesso (n 5) no alinhamento ocular e que realizaram as quatro sessões de seguimento clínico longitudinal (n total 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de seguimento longitudinal	Suscetibilidade (em mm) considerando o Sucesso Cirúrgico		ANOVA* p-valor
		Não (n 5) M (DP)	Sim (n 17) M (DP)	
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	-.227 (1.356)	-1.673 (2.426)	.346
	<i>Pós-operatório 1</i>	-.625 (5.266)	.133 (2.761)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-1.024 (2.689)	-.468 (2.041)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	.455 (1.405)	-1.791 (4.085)	
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	-15.259 (9.253)	-24.097 (6.392)	.014
	<i>Pós-operatório 1</i>	-21.863 (9.877)	-21.887 (9.614)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-19.928 (7.373)	-23.175 (7.740)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-22.490 (9.19)	-21.56 (6.921)	
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	-7.743 (4.542)	-12.885 (3.933)	.057
	<i>Pós-operatório 1</i>	-11.244 (7.039)	-10.876 (4.816)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-10.476 (4.469)	-11.822 (4.247)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-11.017 (4.081)	-11.680 (3.972)	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-.115 (1.018)	-1.739 (2.988)	.587**
	<i>Pós-operatório 1</i>	.458 (8.075)	.000 (4.673)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-1.823 (2.326)	-.301 (2.861)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	.115 (2.221)	-1.808 (6.459)	

Continua

Conclusão

Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-16.967 (13.601)	-29.105 (9.540)	.010
	<i>Pós-operatório 1</i>	-27.782 (11.959)	-24.817 (13.216)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-25.733 (6.593)	-27.495 (10.728)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-26.872 (11.857)	-24.381 (8.718)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-8.541 (6.885)	-15.422 (5.408)	.052
	<i>Pós-operatório 1</i>	-13.661 (9.695)	-12.408 (6.577)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-13.778 (4.291)	-13.898 (5.818)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-13.378 (5.255)	-13.094 (5.534)	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-.340 (2.297)	-1.608 (3.266)	.149
	<i>Pós-operatório 1</i>	-1.709 (4.085)	.266 (2.213)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-.225 (3.184)	-636 (2.758)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	.796 (.953)	-1.775 (2.669)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-13.550 (8.129)	-19.089 (8.034)	.481
	<i>Pós-operatório 1</i>	-15.944 (10.525)	-18.956 (8.365)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-14.124 (9.822)	-18.855 (8.507)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-18.108 (8.478)	-18.755 (7.586)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-6.945 (4.081)	-10.348 (4.588)	.636
	<i>Pós-operatório 1</i>	-8.826 (6.473)	-9.344 (4.565)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-7.174 (5.375)	-9.745 (4.977)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-8.655 (4.098)	-10.265 (4.017)	

Legenda: M; Média, DP; Desvio Padrão, * ANOVA Mista Bidirecional, **p-valor de acordo com Greenhouse-Geisser.

Entretanto, na avaliação das variáveis Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal e Sucesso Cirúrgico de forma isolada, não houve diferença significativa na magnitude da percepção ilusória de Ponzo conforme demonstrado a seguir (Tabela 15 e 16) .

Tabela 15 - Influência do Sucesso Cirúrgico entre pacientes em que não se obteve sucesso (n 5) e se obteve sucesso no alinhamento ocular (n 17), sobre a suscetibilidade (em milímetros), independentemente do Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal, considerando-se os pacientes que realizaram as quatro sessões de acompanhamento clínico longitudinal para o Teste de Ponzo (n total 22). *p-valor pelo Método de Comparação de Pairwise.

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Sucesso Não (n 5) Sim (n 17)	Suscetibilidade (mm)		Intervalo de Confiança 95%		p-valor*
		Média	Desvio Padrão	Limite inferior	Limite superior	
Imagens Neutras	<i>Não</i>	-.355	.793	-2.009	1.299	.517
	<i>Sim</i>	-.950	.430	-1.847	-.053	
Imagens Ilusórias	<i>Não</i>	-19.885	3.192	-26.544	-13.227	.450
	<i>Sim</i>	-22.682	1.731	-26.293	-19.071	
Total de imagens	<i>Não</i>	-10.120	1.644	-13.550	-6.690	.375
	<i>Sim</i>	-11.816	.892	-13.676	-9.956	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Não</i>	-.341	1.183	-2.809	2.126	.649
	<i>Sim</i>	-.962	.642	-2.300	.376	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Não</i>	-24.339	4.052	-32.792	-15.886	.652
	<i>Sim</i>	-26.450	2.198	-31.034	-21.866	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Não</i>	-12.340	2.100	-16.720	-7.960	.574
	<i>Sim</i>	-13.706	1.139	-16.081	-11.331	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Não</i>	-.370	.625	-1.674	.934	.434
	<i>Sim</i>	-.938	.339	-1.645	-.231	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Não</i>	-15.432	3.283	-22.280	-8.584	.362
	<i>Sim</i>	-18.914	1.780	-22.628	-15.200	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Não</i>	-7.901	1.727	-11.503	-4.299	.315
	<i>Sim</i>	-9.926	.937	-11.880	-7.973	

Tabela 16 - Influência do Tempo de Seguimento Clínico sobre a suscetibilidade (em milímetros), independentemente do Sucesso Cirúrgico, considerando-se os pacientes que realizaram as quatro sessões de acompanhamento clínico longitudinal para o Teste de Ponzo (n total 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal	Suscetibilidade (mm)		Intervalo de Confiança 95%		p-valor*
		Média	Desvio Padrão	Limite inferior	Limite superior	
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	-.951	.573	-2.147	.245	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	-.246	.868	-2.057	1.565	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-.747	.556	-1.907	.414	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-.668	.943	-2.635	1.299	
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	-19.678	1.896	-23.634	-15.723	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	-21.875	2.459	-27.005	-16.745	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-21.552	1.951	-25.621	-17.483	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-22.029	1.886	-25.964	-18.094	
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	-10.315	1.033	-12.470	-8.159	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	-11.061	1.357	-13.892	-8.229	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-11.149	1.092	-13.427	-8.872	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-11.349	1.016	-13.468	-9.229	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-.927	.690	-2.366	.512	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	.229	1.405	-2.702	3.161	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-1.062	.703	-2.528	.404	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-.846	1.491	-3.957	2.264	

Continua

Conclusão

Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-23.037	2.666	-28.597	-17.476	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	-26.300	3.300	-33.184	-19.415	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-26.615	2.554	-31.941	-21.288	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-25.627	2.399	-30.631	-20.623	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-11.982	1.459	-15.025	-8.939	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	-13.035	1.859	-16.913	-9.157	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-13.838	1.411	-16.781	-10.895	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-13.237	1.394	-16.144	-10.329	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-.974	.788	-2.618	.669	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	-.721	.685	-2.151	.708	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-.431	.725	-1.942	1.080	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-.489	.617	-1.776	.797	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-16.320	2.049	-20.593	-12.046	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	-17.451	2.249	-22.141	-12.760	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-16.490	2.235	-21.152	-11.828	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-18.432	1.977	-22.557	-14.307	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-8.647	1.143	-11.031	-6.264	1.000
	<i>Pós-operatório 1</i>	-9.086	1.291	-11.780	-6.392	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-8.460	1.287	-11.145	-5.776	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-9.461	1.026	-11.601	-7.320	

Legenda: **p-valor pelo Método de Comparação de Pairwise.

Analisando-se de forma Unidirecional a influência do Sucesso cirúrgico sobre cada Tempo de Seguimento Longitudinal separadamente entre os grupos Sucesso cirúrgico, Insucesso e Grupo Controle, observamos que para o tempo pré-operatório a resposta dos indivíduos que evoluiriam com insucesso no seguimento clínico longitudinal esteve mais próxima à resposta do Grupo Controle. No tempo pós-operatório 1, observamos que não houve diferença entre os Grupos Sucesso, Insucesso e Controle. Na avaliação Univariada do tempo pós-operatório 2 houve diferença entre os Grupos Sucesso, Insucesso e Controle, sendo a resposta dos indivíduos que evoluíram com insucesso mais próxima a dos indivíduos do Grupo Controle. Já no tempo de seguimento clínico pós-operatório 3 não houve diferença entre os grupos. Os dados estão pormenorizados na Tabela 17 abaixo.

Tabela 17 - Análise Univariada da influência do Sucesso na Suscetibilidade ao Teste de Ponzo comparando pacientes estrábicos em que se obteve sucesso cirúrgico com estrábicos em que não se obteve sucesso e pacientes do Grupo Controle (n 62) nos diferentes Tempos de Seguimento Clínico.

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Grupo	Suscetibilidade (mm)							
		Pré-operatório		Pós-operatório 1		Pós-operatório 2		Pós-operatório 3	
		<i>Insucesso (n 12)</i> <i>Sucesso (n 43)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 10)</i> <i>Sucesso (n 29)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 8)</i> <i>Sucesso (n 26)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 7)</i> <i>Sucesso (n 22)</i> M (DP)	p-valor
Imagens Neutras	<i>Insucesso</i>	-0.237 (2.470)	.445	-1.678 (4.598)	.361	-2.526 (3.307)	.196	.325 (1.214)	.680
	<i>Sucesso</i>	-1.263 (2.430)		.000 (2.512)		-.273 (2.215)		-.983 (4.032)	
	<i>Controle</i>	-.650 (3.349)		-.650 (3.349)		-.650 (3.349)		-.650 (3.349)	
Imagens Ilusórias	<i>Insucesso</i>	-18.196 (9.718)	.167	-23.685 (18.103)	.395	-20.034 (7.129)	.137	-23.222 (7.672)	.301
	<i>Sucesso</i>	-22.046 (9.430)		-9.919 (5.705)		-23.058 (8.854)		-21.169 (7.787)	
	<i>Controle</i>	-18.403 (10.548)		-9.527 (6.114)		-18.403 (10.538)		-18.403 (10.538)	
Total de imagens	<i>Insucesso</i>	-9.216 (4.480)	.135	-12.682 (10.083)	.393	-11.280 (4.520)	.246	-11.448 (3.510)	.422
	<i>Sucesso</i>	-11.655 (5.185)		-9.919 (5.705)		-11.665 (4.854)		-11.076 (4.145)	
	<i>Controle</i>	-9.527 (6.114)		-9.527 (6.114)		-9.527 (6.114)		-9.527 (6.114)	

Continua

Conclusão

Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	-1.138 (4.018)	.399	-.738 (7.365)	.862 †	-2.563 (2.705)	.125	.071 (1.913)	.758†
	<i>Sucesso</i>	-1.362 (3.936)		.019 (3.992)		.043 (3.188)		-.879 (6.282)	
	<i>Controle</i>	-.426 (3.173)		-.426 (3.173)		-.426 (3.173)		-.426 (3.173)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	-19.785 (11.812)	.025*	-24.482 (16.540)	.553	-23.554 (7.533)	.011***	-25.477 (14.133)	.156
	<i>Sucesso</i>	-25.515 (11.139)		-20.869 (15.929)		-27.218 (11.152)		-23.782 (9.210)	
	<i>Controle</i>	-19.719 (10.622)		-19.719 (10.622)		-19.719 (10.622)		-19.719 (10.622)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	-10.462 (5.677)	.023**	-12.610 (8.957)	.579	-13.059 (4.561)	.031****	-12.703 (6.797)	.209
	<i>Sucesso</i>	-13.439 (6.472)		-10.424 (8.417)		-13.587 (6.006)		-12.331 (5.375)	
	<i>Controle</i>	-10.073 (6.044)		-10.073 (6.044)		-10.073 (6.044)		-10.073 (6.044)	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	.663 (2.141)	.335	-2.619 (4.993)	.219	-2.488 (4.182)	.500	.497 (.883)	.616
	<i>Sucesso</i>	-1.165 (2.886)		-.020 (2.402)		-.591 (2.411)		-1.086 (2.950)	
	<i>Controle</i>	-.875 (4.507)		-.875 (4.094)		-.875 (4.570)		-.875 (4.507)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	-16.606 (9.071)	.762	-22.889 (22.314)	.397	-16.514 (9.108)	.767	-15.161 (9.079)	.744
	<i>Sucesso</i>	-18.576 (10.252)		-18.809 (9.428)		-18.897 (9.671)		-18.556 (8.161)	
	<i>Controle</i>	-17.083 (12.250)		-17.086 (12.250)		-17.086 (12.250)		-17.086 (12.250)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	-7.971 (4.299)	.607	-12.754 (13.317)	.334	-9.501 (5.768)	.880	-7.331 (4.351)	.637
	<i>Sucesso</i>	-9.870 (5.541)		-9.414 (5.059)		-9.744 (5.510)		-9.821 (4.298)	
	<i>Controle</i>	-8.981 (7.136)		-8.981 (7.139)		-8.981 (7.136)		-8.981 (7.136)	

* Post-Hoc Teste Tukey HSD com diferença estatística significativa entre os Grupos Sucesso e Grupo Controle. Legenda: Post-Hoc Teste Tukey HSD com diferença estatística significativa entre os Grupos Sucesso e Grupo Controle (* p 0,023; ** p 0,019; *** p 0,009; ****p 0,031); † ANOVA de Welch.

Considerando-se os resultados alcançados, foi conduzida uma análise subdividindo os grupos de acordo com a variável Estereopsia. Na análise comparativa Bidirecional Mista, ao avaliar a influência da Estereopsia sobre a Suscetibilidade à ilusão de Ponzo considerando-se os Tempo de seguimento pré-operatório e pós-operatório 3, constatou-se que houve diminuição da suscetibilidade para ilusões de Ajuste Horizontal no grupo com algum grau de Estereopsia preservada (de $-24,75 \pm 9,223$ mm para $-23,611 \pm 9,009$ mm) e aumento da magnitude ilusória no grupo sem estereopsia preservada (de $-25,477 \pm 13,458$ mm para $-27,137 \pm 10,457$ mm). O mesmo padrão foi observado na resposta a todas as imagens testadas. Essas diferenças, entretanto, não foram significativas (Tabela 18 e Figura 32).

Tabela 18 - Influência da Estereopsia sobre a Suscetibilidade (em milímetros) considerando-se os seguimentos clínicos pré e pós-operatório 3 (n = 29) entre os subgrupos estrábicos com estereopsia final presente (n 17) e ausente (n 12).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de seguimento longitudinal	Suscetibilidade (em mm) considerando a Estereopsia Final		ANOVA*
		Ausente (n 12) M (DP)	Presente (n 17) M (DP)	p-valor
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	-0.734 (1.675)	-1.690 (2.338)	.224
	<i>Pós-operatório 3</i>	-1.139 (2.612)	-.333 (4.181)	
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	-20.757 (10.534)	-22.239 (6.228)	.426
	<i>Pós-operatório 3</i>	-22.062 (9.079)	-21.384 (6.795)	
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	-10.746 (5.518)	-11.965 (3.612)	.246
	<i>Pós-operatório 3</i>	-11.600 (5.081)	-10.859 (3.038)	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-.900 (2.888)	-2.175 (2.767)	.360
	<i>Pós-operatório 3</i>	-1.328 (4.358)	-.166 (6.329)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-25.477 (13.458)	-24.752 (9.223)	.491
	<i>Pós-operatório 3</i>	-27.137 (10.457)	-23.611 (9.009)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-13.189 (7.168)	-13.464 (5.374)	.370
	<i>Pós-operatório 3</i>	-14.232 (6.288)	-11.888 (4.313)	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-.569 (1.732)	-1.206 (3.623)	.274
	<i>Pós-operatório 3</i>	-.950 (1.886)	-.501 (3.182)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-16.036 (10.399)	-19.725 (7.137)	.556
	<i>Pós-operatório 3</i>	-16.989 (9.896)	-19.158 (6.178)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-8.302 (5.287)	-10.465 (4.436)	.343
	<i>Pós-operatório 3</i>	-8.968 (5.027)	-9.829 (3.417)	

Legenda: *ANOVA Mista Bidirecional ou de duas vias.

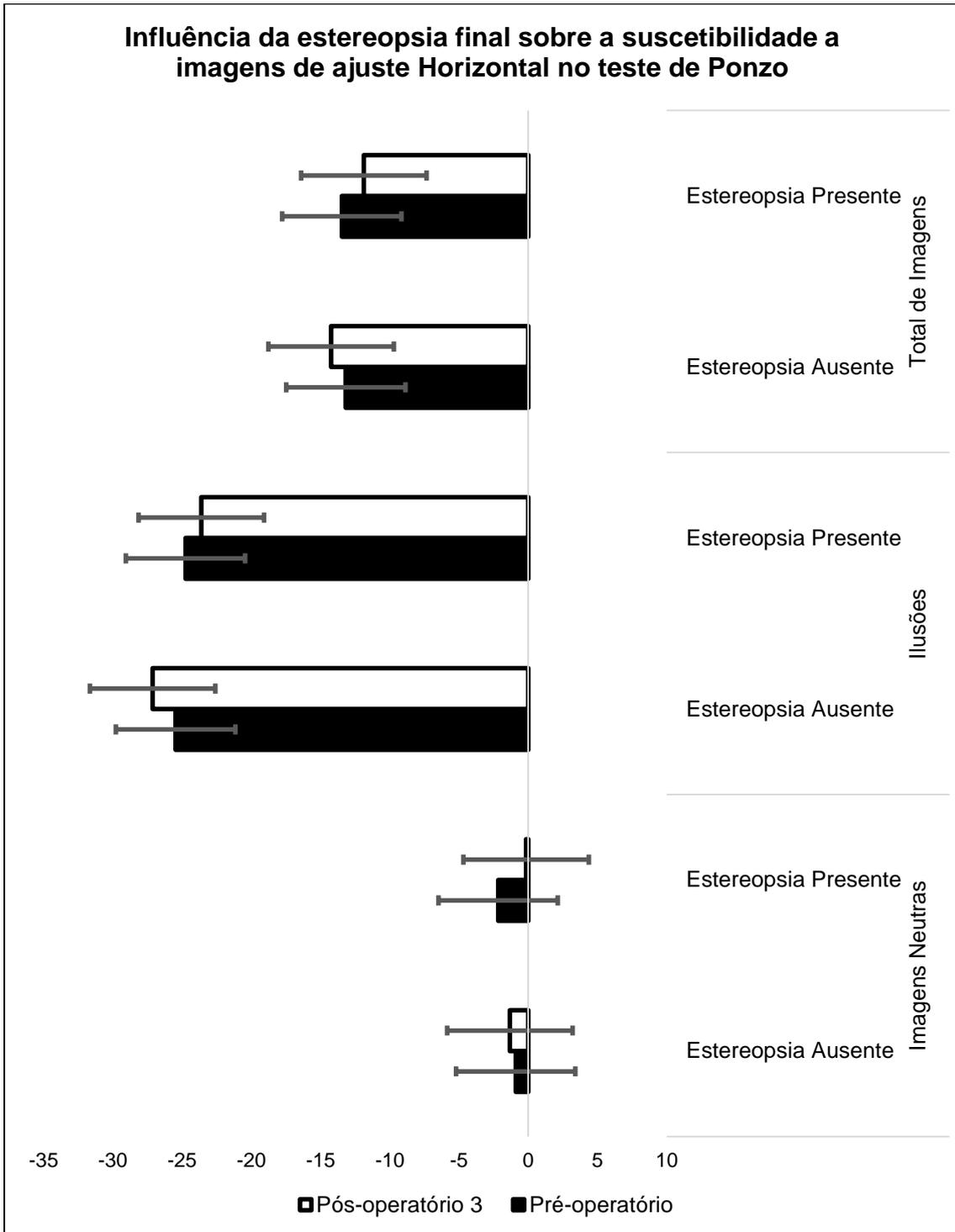


Figura 32 - Análise Bidirecional Mista da Influência da Estereopsia final sobre a suscetibilidade (mm) a imagens de ajuste horizontal no Teste de Ponzo considerando os Tempos de Seguimento Clínico pré-operatório e pós-operatório 3 entre os pacientes com estereopsia preservada (n 17) e estereopsia ausente (n 12).

Na análise estatística univariada avaliando-se a influência da Estereopsia e Tempo de Seguimento Clínico sobre cada um dos tempos isoladamente (pré-operatório, pós-operatório 1, pós-operatório 2 e pós-operatório 3) e comparando-se ao Grupo Controle, observou-se menor magnitude da percepção ilusória de imagens de ajuste horizontal de Ponzo para o subgrupo de estrábicos que apresentavam algum grau de estereopsia em todos os tempos de seguimento separadamente. Tal diferença foi significativa no pré-operatório e pós-operatório 2 (Figura 33, Tabela 19).

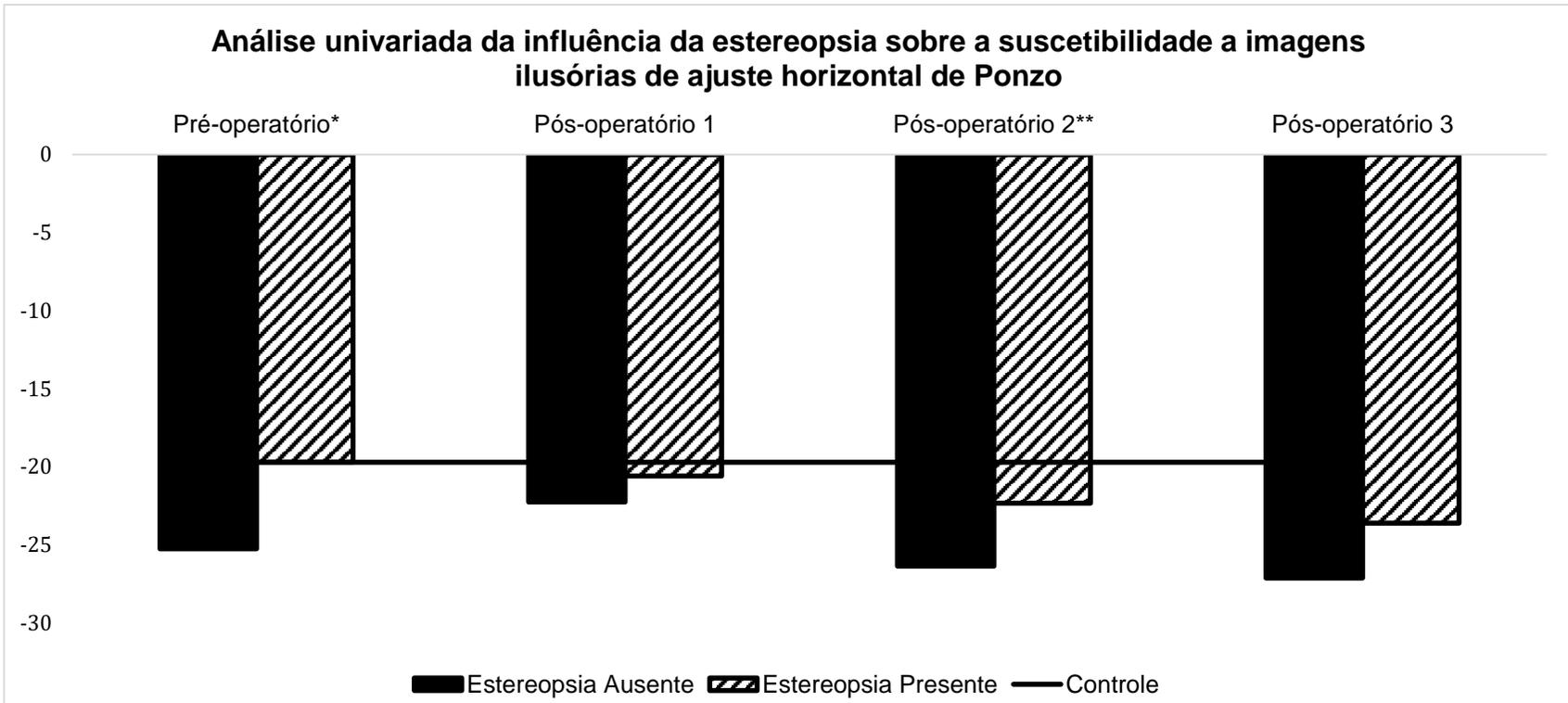


Figura 33 - Análise Univariada da influência da Estereopsia sobre a suscetibilidade (mm) a imagens ilusórias de ajuste horizontal de Ponzo. *p-valor 0,031 ; ** p-valor 0,016, entre os pacientes do grupo Controle (n 62); Pré-operatório: pacientes com estereopsia presente (n 10) e com estereopsia Ausente (n 45); Pós-operatório 1: pacientes com estereopsia presente (n 11), estereopsia Ausente (n 28); Pós-operatório 2: pacientes com estereopsia presente (n 12), estereopsia ausente (n 22); Pós-operatório 3: pacientes com estereopsia presente (n 17), estereopsia ausente (n 12);

Tabela 19 - Análise Univariada da influência da Estereopsia na Suscetibilidade ao Teste de Ponzo comparando-se pacientes estrábicos em que se obteve sucesso cirúrgico com estrábicos em que não se obteve sucesso e pacientes do Grupo Controle (n 62) nos diferentes Tempos de Seguimento Clínico.

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Grupo	Suscetibilidade (mm)							
		Pré-operatório		Pós-operatório 1		Pós-operatório 2		Pós-operatório 3	
		<i>Estereopsia Ausente (n 45)</i> <i>Estereopsia Presente (n 10)</i> M (DP)	p-valor	<i>Estereopsia Ausente (n 28)</i> <i>Estereopsia Presente (n 11)</i> M (DP)	p-valor	<i>Estereopsia Ausente (n 22)</i> <i>Estereopsia Presente (n 12)</i> M (DP)	p-valor	<i>Estereopsia Ausente (n 12)</i> <i>Estereopsia Presente (n 17)</i> M (DP)	p-valor
Imagens Neutras	<i>Estereopsia Ausente</i>	-1.103 (2.515)	.733	-.172 (3.227)	.701	-.698 (2.982)	.941	-1.139 (2.612)	.825
	<i>Estereopsia Presente</i>	-.740 (2.254)		-1.087 (3.164)		-.995 (8.964)		-.333 (4.181)	
	Controle	-.650 (3.349)		-.650 (3.349)		-.650 (3.349)		-.650 (3.349)	
Imagens Ilusórias	<i>Estereopsia Ausente</i>	-21.648 (9.566)	.755	-21.707 (13.719)	.446	-21.741 (8.964)	.174	-22.062 (9.079)	.332
	<i>Estereopsia Presente</i>	-19.214 (9.645)		-18.581 (11.168)		-23.035 (7.835)		-21.384 (6.795)	
	Controle	-18.403 (10.538)		-18.403 (10.538)		-18.403 (10.538)		-18.403 (10.538)	

Continua

Continuação

Total de imagens	<i>Estereopsia Ausente</i>	-11.377 (5.103)	.250	-10.940 (7.329)	.635	-11.335 (4.964)	.233	-11.600 (5.081)	.401
	<i>Estereopsia Presente</i>	-9.977 (5.206)		-9.834 (6.504)		-12.015 (4.390)		-10.859 (3.308)	
	<i>Controle</i>	-9.527 (6.114)		-9.417 (6.114)		-9.527 (6.114)		-9.527 (6.114)	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Estereopsia Ausente</i>	-1.479 (4.040)	.311	.142 (5.096)	.076	-.388 (3.683)	.887	-1.328 (4.358)	.731
	<i>Estereopsia Presente</i>	-.568 (3.396)		-2.732 (3.995)		-.900 (2.334)		-.1665 (6.329)	
	<i>Controle</i>	-.426 (3.173)		-.426 (3.173)		-.426 (3.173)		-.426 (3.173)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Estereopsia Ausente</i>	-25.280 (11.025)	.031*	-22.265 (16.338)	.106	-26.369 (10.524)	.016***	-27.137 (10.457)	.052
	<i>Estereopsia Presente</i>	-19.699 (12.698)		-20.599 (15.603)		-22.332 (10.715)		-23.611 (9.009)	
	<i>Controle</i>	-19.719 (10.622)		-19.719 (10.622)		-19.719 (10.622)		-19.719 (10.622)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Estereopsia Ausente</i>	-13.379 (6.056)	.022**	-10.776 (8.588)	.788	-13.379 (5.742)	.032****	-14.232 (6.288)	.063
	<i>Estereopsia Presente</i>	-10.134 (7.433)		-11.516 (8.634)		-13.616 (5.690)		-11,888 (4.313)	
	<i>Controle</i>	-10.073 (6.044)		-10.073 (6.044)		-10.073 (6.044)		-10.073 (6.044)	

Continua

Conclusão

Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Estereopsia Ausente</i>	- .733 (2.837)	.979	-1.057 (3.397)	.653	-1.008 (2.990)	.981	-.950 (1.886)
	<i>Estereopsia Presente</i>	-.911 (2.930)		.257 (3.332)		-1.090 (3.045)		-.501 (3.182)
	<i>Controle</i>	-.875 (4.507)		-.875 (4.507)		-.875 (4.507)		-.875 (4.507)
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Estereopsia Ausente</i>	-18.017 (10.285)	.865	-21.149 (15.147)	.349	-17.572 (10.265)	.762	-16.986 (9.896)
	<i>Estereopsia Presente</i>	-18.730 (8.802)		-16.563 (8.563)		-19.737 (8.000)		-19.158 (6.149)
	<i>Controle</i>	-17.086 (12.250)		-17.086 (12.250)		-17.086 (12.250)		-17.086 (12.250)
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Estereopsia Ausente</i>	-9.375 (5.582)	.904	-11.103 (8.690)	.379	-9.290 (5.879)	.790	-8.968 (5.027)
	<i>Estereopsia Presente</i>	-9.820 (4.139)		-8.152 (5.367)		-10.414 (4.832)		-9.829 (3.417)
	<i>Controle</i>	-8.981 (6.325)		-8.981 (7.136)		-8.981 (7.136)		-8.898 (7.136)

Legenda: Post-Hoc Teste Tukey HSD com diferença estatística significativa entre os Grupos Estereopsia Ausente e Grupo Controle (*p-valor 0,029; ** p-valor 0,020; *** p-valor 0,035; **** p-valor 0,069).

Na análise Bidirecional Mista para o teste de Brentano avaliando-se as variáveis Sucesso e Tempo de Seguimento Longitudinal de forma conjunta entre os pacientes que realizaram todo o seguimento longitudinal, observamos diminuição na magnitude, ou seja, menor erro na estimativa do tamanho das imagens neutras de ajuste vertical e nas imagens de ajuste vertical no total nos pacientes em que se opteve sucesso no alinhamento ocular pós-cirúrgico. Entretanto, tal diferença não foi significativa entre os tempos de seguimento (Tabela 20). A análise das variáveis tempo e sucesso de forma isolada não demonstrou diferença estatística entre os grupos.

Tabela 20 - Influência do tempo de seguimento clínico e do sucesso cirúrgico na suscetibilidade (em milímetros) ao Teste de Brentano entre os pacientes submetidos à cirurgia nos quais se obteve sucesso (n 17) e não se obteve sucesso (n 5) no alinhamento ocular e que realizaram as quatro sessões de seguimento clínico longitudinal (n total 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de seguimento longitudinal	Suscetibilidade (em mm) considerando o Sucesso Cirúrgico		ANOVA* p-valor
		Não (n 5) M (DP)	Sim (n 17) M (DP)	
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	2.924 (6.205)	5.079 (7.121)	.069
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.325 (5.026)	-6.141 (9.617)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-1,364 (5.431)	.870 (8.739)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	2.010 (4.183)	-1.719 (8.284)	
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	3.247 (5.456)	1.339 (8.419)	.791
	<i>Pós-operatório 1</i>	2.295 (10.282)	.971 (5.533)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-.170 (16.732)	1.909 (6.858)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-1.158 (6.185)	-2.215 (7.3663)	
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	3.139 (5.098)	2.586 (7.513)	.522
	<i>Pós-operatório 1</i>	3.972 (6.087)	.442 (6.321)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-.568 (12.365)	1.563 (6.350)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-.102 (4.722)	-.205 (7.427)	

Continua

Conclusão				
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-4.324 (8.022)	1.384 (7.784)	.124
	<i>Pós-operatório 1</i>	-.075 (6.677)	-7.748 (11.345)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-5.691 (11.376)	-6.004 (10.834)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-2.583 (5.815)	-6.410 (8.774)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-1.402 (11.526)	1.987 (15.066)	.921**
	<i>Pós-operatório 1</i>	-5.617 (15.319)	-2.054 (9.846)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-4.174 (25.980)	-2.947 (9.480)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-5.429 (13.310)	-4.721 (9.566)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-2.376 (8.503)	1.786 (11.900)	.848
	<i>Pós-operatório 1</i>	-3.770 (8.670)	-3.952 (8.766)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-4.980 (20.860)	-3.207 (7.779)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-4.481 (9.897)	-5.320 (8.696)	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	10.173 (10.138)	8.774 (9.876)	.339
	<i>Pós-operatório 1</i>	14.725 (5.449)	6.519 (12.327)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	2.961 (10.589)	5.470 (12.327)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.603 (6.654)	3.080 (12.074)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	7.898 (16.053)	.692 (8.985)	.333
	<i>Pós-operatório 1</i>	10.208 (9.084)	3.996 (10.733)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	3.834 (9.131)	6.766 (9.584)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	3.113 (6.489)	.290 (9.403)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	8.656 (13.295)	3.386 (8.258)	.270
	<i>Pós-operatório 1</i>	11.714 (6.474)	4.837 (10.100)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	3.543 (7.192)	6.334 (8.843)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.276 (2.612)	1.220 (9.745)	

Legenda: M; Média, DP; Desvio Padrão, * ANOVA Mista Bidirecional, **p-valor de acordo com Greenhouse-Geisser.

Ao avaliar cada tempo de seguimento clínico separadamente na análise unidirecional para o teste de Brentano observou-se diferença estatística entre os grupos no tempo pós-operatório 1 com a resposta dos pacientes que obtiveram sucesso no alinhamento ocular sendo mais semelhante a resposta dos pacientes do Grupo Controle. Entretanto, não houve manutenção desta diferença ao longo do tempo (Tabela 21).

Tabela 21 - Análise Univariada da influência do Sucesso na Suscetibilidade ao Teste de Brentano comparando pacientes estrábicos em que se obteve sucesso cirúrgico com estrábicos em que não se obteve sucesso e pacientes do Grupo Controle (n 62) nos diferentes Tempos de Seguimento Clínico.

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Grupo	Suscetibilidade (mm)							
		Pré-operatório		Pós-operatório 1		Pós-operatório 2		Pós-operatório 3	
		<i>Insucesso (n 12)</i> <i>Sucesso (n 43)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 10)</i> <i>Sucesso (n 29)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 8)</i> <i>Sucesso (n 26)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 7)</i> <i>Sucesso (n 22)</i> M (DP)	p-valor
Imagens Neutras	<i>Insucesso</i>	.728 (7.887)	.541	6.300 (6.359)	.075	-1.516 (7.455)	.806	2.087 (3.841)	.489
	<i>Sucesso</i>	2.008 (9.281)		-.065 (8.021)		.700 (8.468)		-1.768 (8.278)	
	<i>Controle</i>	.091 (8.429)		.091 (8.429)		.091 (8.429)		.091 (8.429)	
Imagens Ilusórias	<i>Insucesso</i>	1.589 (7.532)	.670	1.204 (10.822)	.737	.747 (14.455)	.381	1.276 (6.749)	.804
	<i>Sucesso</i>	-1.821 (12.821)		-.890 (7.105)		1.989 (7.687)		-1.647 (7.971)	
	<i>Controle</i>	-1.665 (12.385)		-1.665 (12.385)		-1.665 (12.385)		-1.665 (12.385)	

Continua

Conclusão

Total de imagens	<i>Insucesso</i>	1.302 (6.524)	.743	2.903 (8.178)	.422	-0.007 (11.424)	.478	1.546 (4.792)	.716
	<i>Sucesso</i>	-0.544 (10.608)		-0.615 (6.644)		1.559 (7.707)		-1.687 (7.797)	
	<i>Controle</i>	-1.079 (9.795)		-1.079 (9.795)		-1.079 (9.795)		-1.079 (9.795)	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	-1.832 (9.242)	.787	.948 (5.249)	.157	-5.311 (15.661)	.410	-1.194 (5.325)	.190
	<i>Sucesso</i>	-0.520 (11.700)		-5.117 (10.208)		-2.409 (10.072)		-5.728(9.950)	
	<i>Controle</i>	.845 (16.190)		.845 (16.190)		.845 (16.190)		.845 (16.190)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	.332 (11.084)	.741	-1.500 (13.839)	.883	-1.565 (21.071)	.883	-4.501 (11.332)	.984
	<i>Sucesso</i>	-3.580 (15.069)		-2.021 (9.301)		-1.701 (11.481)		-3.268 (11.417)	
	<i>Controle</i>	-3.425 (17.648)		-3.425 (17.648)		-3.425 (17.648)		-3.425 (17.648)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	-0.388 (8.852)	.886	-0.683 (8.680)	.867	-2.814 (18.258)	.987	-3.399 (8.465)	.814
	<i>Sucesso</i>	-2.560 (12.547)		-3.053 (8.156)		-1.937 (9.808)		-4.088 (10.504)	
	<i>Controle</i>	-2.001 (14.794)		-2.001 (14.794)		-2.001 (14.794)		-2.001 (14.794)	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	3.289 (13.836)	.111	11.652 (12.684)	.005*	2.278 (8.480)	.251	6.368 (6.586)	.318
	<i>Sucesso</i>	4.536 (13.349)		4.987 (11.782)		3.809 (11.841)		2.190 (11.551)	
	<i>Controle</i>	-0.662 (11.999)		-0.662 (11.999)		-0.662 (11.999)		-0.662 (11.999)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	2.846 (16.441)	.858	3.908 (14.490)	.749	3.061 (11.163)	.237	6.995 (8.522)	.457
	<i>Sucesso</i>	-0.062 (18.060)		.241 (12.726)		5.679 (9.959)		-0.025 (8.894)	
	<i>Controle</i>	-0.092 (15.796)		-0.092 (15.796)		-0.092 (15.796)		-0.092 (15.796)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	2.994 (14.431)	.692	6.490 (12.727)	.261	2.800 (8.469)	.145	6.453 (4.315)	.351
	<i>Sucesso</i>	1.470 (14.400)		1.823 (11.075)		5.056 (8.804)		.713 (8.937)	
	<i>Controle</i>	-0.157 (12.575)		-0.157 (12.575)		-0.157 (12.575)		-0.157 (12.575)	

Legenda: Teste de Tukey Pos Hoc demonstrando diferença significativa entre os Grupos Controle e Insucesso *p 0,009.

Considerando-se o teste Vertical-Horizontal , na análise Bidirecional Mista analisando-se as variáveis Sucesso e Tempo de Seguimento Clínico entre os pacientes que realizaram as quatro sessões de seguimento não observamos diferença estatística na magnitude da percepção ilusória (Tabela 22).

Tabela 22 - Influência do tempo de seguimento clínico e do sucesso cirúrgico na suscetibilidade (em milímetros) ao Teste Vertical-Horizontal entre os pacientes submetidos à cirurgia nos quais se obteve sucesso (n 17) e não se obteve sucesso (n 5) no alinhamento ocular e que realizaram as quatro sessões de seguimento clínico longitudinal (n total 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de seguimento longitudinal	Suscetibilidade (em mm) considerando o Sucesso Cirúrgico		ANOVA* p-valor
		Não (n 5) M (DP)	Sim (n 17) M (DP)	
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	1.137 (3.090)	2.175 (8.410)	.928
	<i>Pós-operatório 1</i>	2.392 (3.131)	.067 (8.714)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-.339 (4.092)	-1.607 (5.960)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-2.615 (2.364)	-3.381 (7.120)	
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	-47.828 (34.716)	-50.590 (33.336)	.874
	<i>Pós-operatório 1</i>	-32.085 (24.146)	-41.615 (31.723)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-30.860 (23.004)	-40.527 (29.798)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-34.275 (32.588)	-34.397 (28.067)	
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	-31.506 (22.769)	-33.001 (23.536)	.837
	<i>Pós-operatório 1</i>	-20.574 (15.817)	-27.721 (21.671)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-20.686 (15.971)	-27.553 (19.322)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-23.572 (22.235)	-24.059 (19.467)	

Continua

Conclusão				
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	3.870 (10.325)	2.477 (9.253)	
	<i>Pós-operatório 1</i>	-.908 (1.480)	3.617 (8.654)	.520
	<i>Pós-operatório 2</i>	5.239 (11.952)	-.201 (9.334)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-.911 (6.896)	-1.808 (11.336)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-32.682 (25.604)	-38.582 (31.606)	
	<i>Pós-operatório 1</i>	-20.271 (18.398)	-34.330 (31.546)	.829
	<i>Pós-operatório 2</i>	-17.652 (27.826)	-31.078 (30.903)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-25.282 (32.824)	-28.703 (26.687)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	-20.798 (16.539)	-24.895 (22.307)	
	<i>Pós-operatório 1</i>	-13.817 (12.236)	-21.681 (21.481)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	-10.021 (18.665)	-20.765 (19.787)	.838
	<i>Pós-operatório 3</i>	-17.158 (22.138)	-19.738 (19.505)	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-1.595 (4.937)	1.873 (12.071)	
	<i>Pós-operatório 1</i>	5.693 (7.681)	-3.481 (14.999)	.354
	<i>Pós-operatório 2</i>	-5.917 (7.526)	-3.031 (5.778)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-3.419 (9.798)	-4.955 (7.959)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-62.974 (45.074)	-62.598 (36.470)	
	<i>Pós-operatório 1</i>	-43.844 (34.729)	-48.900 (36.681)	.915
	<i>Pós-operatório 2</i>	-44.068 (31.215)	-50.006 (31.682)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-43.269 (35.167)	-40.092 (34.232)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	-42.515 (30.984)	-41.107 (26.099)	
	<i>Pós-operatório 1</i>	-27.332 (21.728)	-33.760 (25.958)	.859
	<i>Pós-operatório 2</i>	-31.351 (21.791)	-34.341 (20.854)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	-29.985 (25.194)	-28.379 (23.305)	

Legenda: M; Média, DP; Desvio Padrão, * ANOVA Mista Bidirecional

Na análise univariada de cada Tempo de Seguimento Clínico comparando-se os resultados dos Grupos Sucesso, Insucesso e Controle, observamos diferença estatística entre os Grupos nos tempos pré e pós-operatório 1 para imagens neutras (não ilusórias), contudo essa diferença não se manteve no seguimento clínico (Tabela 23).

Tabela 23 - Análise Univariada da influência do Sucesso na Suscetibilidade ao Teste Vertical-Horizontal comparando pacientes estrábicos em que se obteve sucesso no alinhamento ocular com o subgrupo insucesso e os pacientes do grupo Controle.

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Grupo	Suscetibilidade (mm)							
		Pré-operatório		Pós-operatório 1		Pós-operatório 2		Pós-operatório 3	
		<i>Insucesso (n 12)</i> <i>Sucesso (n 43)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 10)</i> <i>Sucesso (n 29)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 8)</i> <i>Sucesso (n 26)</i> M (DP)	p-valor	<i>Insucesso (n 7)</i> <i>Sucesso (n 22)</i> M (DP)	p-valor
Imagens Neutras	<i>Insucesso</i>	3.604 (5.633)	.015*	1.707 (4.688)	.128	.356 (5.115)	.617	.242 (-2.483)	.588
	<i>Sucesso</i>	1.151 (7.723)		.943 (8.772)		-2.233 (7.916)		-2.483 (6.728)	
	<i>Controle</i>	-1.680 (5.998)		-1.680 (5.998)		-1.680 (5.998)		-1.680 (5.998)	
Imagens Ilusórias	<i>Insucesso</i>	-54.257 (36.917)	.722	-40.412 (25.954)	.919	-35.657 (23.307)	.743	-40.628 (34.081)	.543
	<i>Sucesso</i>	-44.335 (30.073)		-39.494 (29.346)		-45.671 (41.327)		-31.471 (25.776)	
	<i>Controle</i>	-40.499 (35.424)		-40.499 (35.424)		-40.499 (35.424)		-40.499 (35.424)	
Total de imagens	<i>Insucesso</i>	-34.970 (23.209)	.581	-29.098 (17.557)	.920	-23.625 (16.131)	.699	-27.004 (22.364)	.585

Continua

Conclusão

Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	5.217 (10.751)	.257	.227 (3.209)	.766	5.979 (11.477)	.131	2.602 (9.124)	.291
	<i>Sucesso</i>	.741 (8.440)		2.316 (9.454)		-.788 (9.892)		-1.189 (10.325)	
	<i>Controle</i>	2.032 (7.728)		2.032 (7.728)		2.032 (7.728)		2.032 (7.728)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	-40.283 (40.705)	.425	-33.822 (23.356)	.716	-23.060 (27.126)	.282	-31.642 (32.114)	.914
	<i>Sucesso</i>	-29.926 (29.386)		-30.982 (28.958)		-39.199 (40.899)		-25.828 (24.493)	
	<i>Controle</i>	-26.566 (34.586)		-26.566 (34.586)		-26.566 (34.586)		-26.566 (34.586)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Insucesso</i>	-24.116 (26.402)	.509	-22.472 (15.797)	.708	-13.380 (17.144)	.778	-20.227 (20.449)	.937
	<i>Sucesso</i>	-19.703 (19.992)		-19.882 (20.477)		-26.395 (26.615)		-17.615 (17.936)	
	<i>Controle</i>	-17.033 (23.909)		-17.033 (23.909)		-17.033 (23.909)		-17.033 (23.909)	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	1.992 (8.441)	.002**	3.188 (8.102)	.049***	-5.265 (9.814)	.782	-2.117 (8.329)	.642
	<i>Sucesso</i>	1.560 (9.762)		-.429 (14.994)		-3.678 (8.763)		-3.777 (7.547)	
	<i>Controle</i>	-5.393 (11.294)		-5.393 (11.294)		-5.393 (11.294)		-5.393 (11.294)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	-68.232 (38.485)	.502	-55.001 (33.093)	.733	-48.255 (27.533)	.908	-49.614 (38.163)	.193
	<i>Sucesso</i>	-58.739 (35.216)		-47.946 (34.063)		-52.142 (44.404)		-37.114 (31.332)	
	<i>Controle</i>	-54.433 (40.163)		-54.433 (40.163)		-54.433 (40.163)		-54.433 (40.163)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Insucesso</i>	-44.824 (25.149)	.707	-35.604 (21.607)	.590	-33.925 (20.269)	.891	-33.782 (26.468)	.175
	<i>Sucesso</i>	-38.639 (23.877)		-32.107 (24.029)		-35.988 (29.371)		-26.001 (21.374)	
	<i>Controle</i>	-38.086 (27.178)		-38.086 (27.178)		-38.086 (27.178)		-38.086 (27.178)	

Legenda: *Tukey-Test p 0.035 com diferença significativa entre os Grupos Controle e Insucesso; ** Tukey-Test p 0.003 diferença entre os Grupos Controle e Sucesso; *** Games-Howell p 0.026 diferença entre os Grupos Controle e Insucesso.

Quanto ao tempo de resposta na análise do Teste de Ponzo considerando-se o Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal total (pré, pós-operatório 1, 2 e 3) em conjunto com o Sucesso Cirúrgico observou-se diminuição do tempo de resposta no subgrupo Sucesso Cirúrgico para as figuras ilusórias no Geral (de 12,404 para 7,155 segundos entre o pré e pós-operatório 3, p-valor = 0,048), assim como para o total de imagens (p-valor = 0,017), figuras neutras (p-valor = 0,026), ilusórias (p-valor = 0,026) e totais de ajuste horizontal (p-valor = 0,004) além de imagens de ajuste vertical no geral (p-valor = 0,044). O mesmo não se observa no subgrupo em que não se obteve sucesso cirúrgico no alinhamento ocular. Pelo contrário, nos pacientes que mantiveram desalinhamento ocular o tempo de resposta aumentou (para figuras ilusórias e neutras no geral) ou manteve-se próximo ao mesmo valor com o passar do tempo (como por exemplo para figuras ilusórias de ajuste horizontal) , vide Figura 34 e Tabela 24.

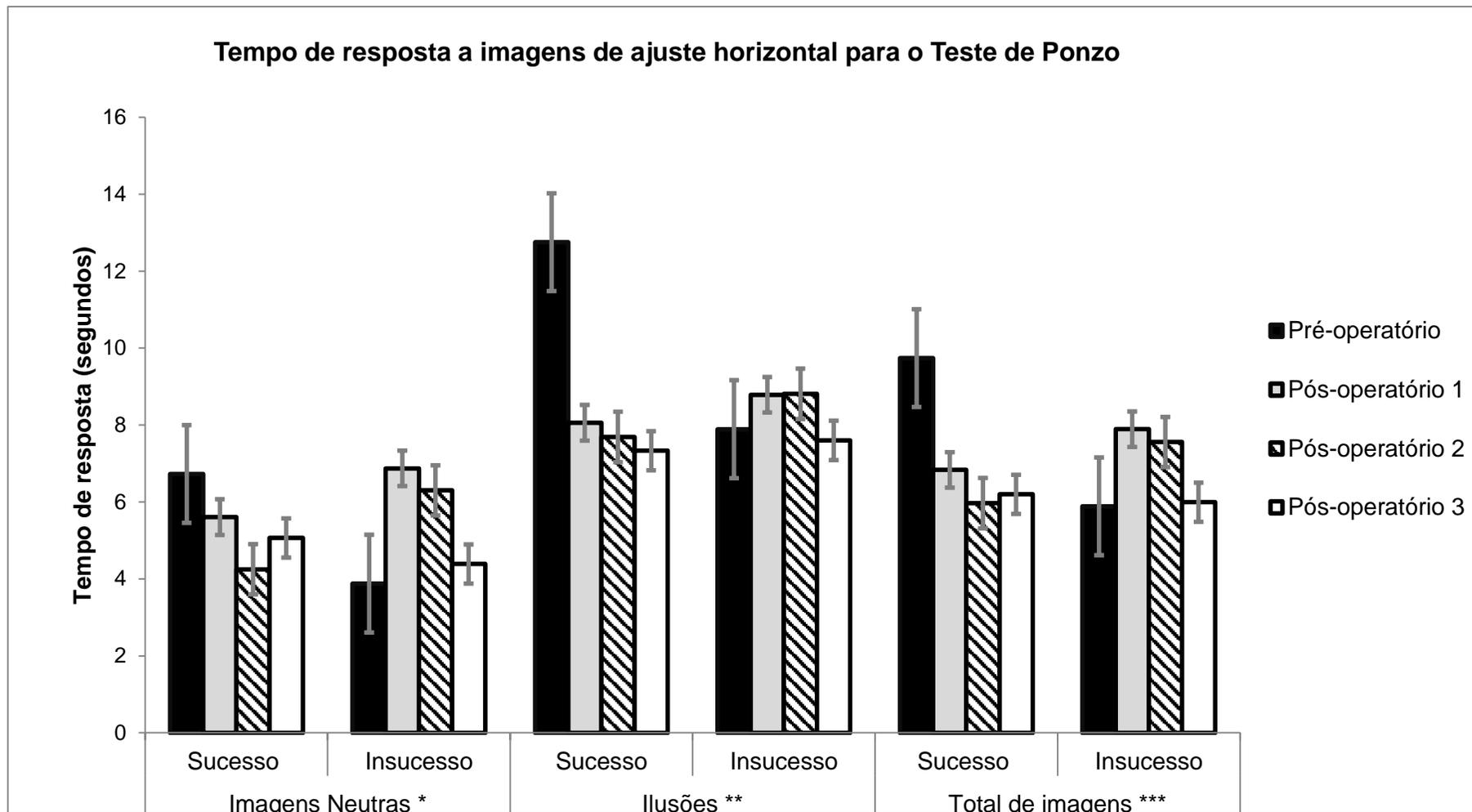


Figura 34 - Tempo de resposta (em segundos) a Imagens de Ajuste Horizontal para o Teste de Ponzo considerando o Tempo de Seguimento Longitudinal e o Sucesso cirúrgico entre pacientes que obtiveram sucesso cirúrgico (n 17) e não obtiveram sucesso cirúrgico (n 5), (n total 22) . Legenda: * p-valor 0,026; ** p-valor 0,026; *** p-valor 0,004.

Tabela 24 - Influência do Tempo de Seguimento clínico e Sucesso Cirúrgico sobre o tempo de resposta à imagem ajustável (em segundos) para o teste de Ponzo, entre os pacientes que realizaram as 4 sessões de seguimento longitudinal (n total 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de seguimento longitudinal	Tempo de resposta (em seg.) considerando o Sucesso Cirúrgico		ANOVA* p-valor
		Não (n 5) M (DP)	Sim (n 17) M (DP)	
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	4.132 (1.679)	6.427 (3.393)	.078
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.789 (2.863)	5.083 (2.605)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	5.150 (2.191)	4.577 (2.531)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.312 (3.060)	4.670 (2.514)	
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	7.817 (2.067)	12.404 (6.554)	.048**
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.405 (2.853)	8.307 (2.262)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	8.393 (1.055)	7.534 (2.773)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	8.459 (3.307)	7.155 (2.494)	
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	5.975 (1.483)	9.416 (4.276)	.017**
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.597 (2.699)	6.695 (2.181)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.771 (.948)	6.056 (2.075)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.385 (3.007)	5.913 (2.270)	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	3.881 (1.861)	6.727 (3.756)	.026
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.873 (3.164)	5.607 (2.824)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.301 (3.128)	4.250 (2.758)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.389 (2.602)	5.065 (2.723)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	7.891 (2.871)	12.754 (5.395)	.026**
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.784 (3.055)	8.059 (1.885)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	8.812 (1.047)	7.689 (2.770)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.601 (1.791)	7.333 (3.104)	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	5.886 (1.904)	9.740 (3.879)	.004
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.892 (3.018)	6.833 (2.007)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	7.557 (1.168)	5.969 (1.929)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	5.995 (2.131)	6.199 (2.495)	

Continua

Conclusão

Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	4.383 (2.861)	6.127 (3.477)	.162
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.705 (2.691)	4.559 (3.141)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	3.999 (1.623)	4.905 (3.894)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.234 (3.626)	4.276 (2.912)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	7.743 (2.949)	12.055 (7.981)	.100**
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.025 (2.659)	8.555 (3.184)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	7.974 (2.426)	7.379 (3.242)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	9.318 (5.496)	6.977 (2.611)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	6.063 (2.176)	9.091 (4.924)	.044
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.365 (2.399)	6.557 (2.766)	
	<i>Pós-operatório 2</i>	5.986 (.943)	6.142 (2.926)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.776 (4.172)	5.627 (2.631)	

Legenda: * ANOVA de duas vias Mista ; ** p-valor de acordo com Greenhouse-Geisser.

Entretanto, ao se considerar a influência das variáveis Sucesso Cirúrgico e Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal sobre o tempo de resposta (em segundos) observou-se que isoladamente somente a variável Tempo de Seguimento Clínico apresentou diferença estatística entre os tempos de observação para os períodos pré e pós-operatório 3 nas ilusões de Ajuste Horizontal. (Tabela 25,26,27).

Tabela 25 - Influência do Sucesso Cirúrgico sobre o tempo de resposta (em segundos), independentemente do Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal, ao Teste de Ponzo (n 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Sucesso Não (n 5) Sim (n 17)	Tempo de resposta (seg.)		Intervalo de Confiança de 95%		p-valor*
		Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior	
Imagens Neutras	<i>Não</i>	5.096	.938	3.140	7.052	.931
	<i>Sim</i>	5.190	.509	4.129	6.251	
Imagens Ilusórias	<i>Não</i>	8.269	1.232	5.700	10.839	.683
	<i>Sim</i>	8.851	.668	7.457	10.244	
Total de imagens	<i>Não</i>	6.683	.963	4.673	8.692	.761
	<i>Sim</i>	7.020	.522	5.931	8.110	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Não</i>	5.362	.974	3.330	7.393	.964
	<i>Sim</i>	5.412	.528	4.311	6.514	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Não</i>	8.272	1.038	6.108	10.437	.567
	<i>Sim</i>	8.959	.563	7.785	10.133	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Não</i>	6.817	.813	5.121	8.514	.925
	<i>Sim</i>	7.186	.441	6.266	8.106	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Não</i>	4.831	1.105	2.525	7.136	.915
	<i>Sim</i>	4.967	.599	3.717	6.217	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Não</i>	8.266	1.528	5.078	11.453	.787
	<i>Sim</i>	8.742	.829	7.013	10.471	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Não</i>	6.548	1.207	4.031	9.066	.826
	<i>Sim</i>	6.855	.655	5.489	8.220	

Legenda: *p-valor pelo Método de Comparação de Pairwise.

Tabela 26 - Influência do Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal sobre o tempo de resposta (em segundos), independentemente do Sucesso Cirúrgico, ao Teste de Ponzo (n 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal	Tempo de resposta (seg.)		Intervalo de Confiança 95%		p-valor*
		Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior	
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	5.280	.796	3.620	6.940	>0.05
	<i>Pós-operatório 1</i>	5.936	.676	4.525	7.347	
	<i>Pós-operatório 2</i>	4.864	.628	3.555	6.173	
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.492	.670	3.094	5.889	
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	10.111	1.510	6.962	13.261	>0.05
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.356	.608	7.087	9.625	
	<i>Pós-operatório 2</i>	7.964	.642	6.624	9.304	
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.808	.681	6.387	9.228	
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	7.696	.988	5.636	9.756	>0.05
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.146	.584	5.929	8.364	
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.414	.484	5.404	7.425	
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.150	.619	4.857	7.442	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	5.305	.881	3.468	7.142	>0.05
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.240	.737	4.704	7.777	
	<i>Pós-operatório 2</i>	5.276	.721	3.771	6.781	
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.727	.687	3.295	6.160	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	10.323	1.270	7.673	12.973	<0.05**
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.422	.552	7.270	9.574	
	<i>Pós-operatório 2</i>	8.251	.642	6.913	9.589	
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.468	.735	5.934	9.001	

Continua

Conclusão	<i>Pré-operatório</i>	7.814	.909	5.918	9.710	>0.05
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.331	.571	6.139	8.523	
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.763	.459	5.806	7.720	
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.098	.617	4.809	7.386	
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	5.255	.856	3.471	7.040	>0.05
	<i>Pós-operatório 1</i>	5.633	.777	4.011	7.254	
	<i>Pós-operatório 2</i>	4.452	.905	2.564	6.340	
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.256	.781	2.627	5.884	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	9.900	1.847	6.047	13.752	>0.05
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.290	.785	6.653	9.928	
	<i>Pós-operatório 2</i>	7.677	.788	6.034	9.321	
	<i>Pós-operatório 3</i>	8.148	.863	6.349	9.947	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	7.577	1.147	5.184	9.971	>0.05
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.962	.686	5.531	8.392	
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.065	.674	4.658	7.472	
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.202	.764	4.608	7.796	

Legenda: *p-valor pelo Método de Comparação de Pairwise, ** Ajustamento para diversas comparações de Bonferroni (vide Tabela 21).

Tabela 27 - Ajustamento para diversas comparações de Bonferroni para considerando-se somente a influência do Tempo de Seguimento Clínico no tempo de resposta para ajuste das Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal.

Tempo de Seguimento		Diferença Média	Desvio Padrão	p-valor Ajustamento de Bonferroni	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
<i>Pré-operatório</i>	<i>Pós-operatório 1</i>	1.901	1.296	.948	-1.893	5.695
	<i>Pós-operatório 2</i>	2.072	1.245	.669	-1.571	5.715
	<i>Pós-operatório 3</i>	2.855	.912	.031	.187	5.524
<i>Pós-operatório 1</i>	<i>Pré-operatório</i>	-1.901	1.296	.948	-5.695	1.893
	<i>Pós-operatório 2</i>	.171	.838	1.000	-2.281	2.623
	<i>Pós-operatório 3</i>	.954	.804	1.000	-1.399	3.307
<i>Pós-operatório 2</i>	<i>Pré-operatório</i>	-2.072	1.245	.669	-5.715	1.571
	<i>Pós-operatório 1</i>	-.171	.838	1.000	-2.623	2.281
	<i>Pós-operatório 3</i>	.783	.708	1.000	-1.289	2.855
<i>Pós-operatório 3</i>	<i>Pré-operatório</i>	-2.855	.912	.031	-5.524	-.187
	<i>Pós-operatório 1</i>	-.954	.804	1.000	-3.307	1.399
	<i>Pós-operatório 2</i>	-.783	.708	1.000	-2.855	1.289

Na avaliação da influência da Estereopsia sobre o tempo de resposta, observou-se que os pacientes que adquiriram ou já tinham algum grau de Estereopsia no Tempo de Seguimento Clínico pós-operatório 3 apresentaram diminuição do tempo de resposta (em segundos) para as imagens Ilusórias no Geral (p-valor = 0,009) e para Imagens ilusórias de Ajuste Horizontal (p-valor = 0,002) (Tabela 28 e Figura 35).

Tabela 28 - Influência da Estereopsia sobre o tempo de resposta (em segundos) no Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal entre os pacientes que realizaram as sessões pré-operatória e pós-operatória 3. *ANOVA mista de duas vias

<i>Imagens Ajustáveis Apresentadas</i>	Tempo de seguimento longitudinal	Tempo de resposta (seg.) considerando a Estereopsia Final		ANOVA*
		Ausente (n 12) M (DP)	Presente (n 17) M (DP)	p-valor
<i>Imagens Neutras</i>	<i>Pré-operatório</i>	6.195 (4.471)	5.784 (3.175)	351
	<i>Pós-operatório 3</i>	3.891 (2.220)	4.904 (2.354)	
<i>Imagens Ilusórias</i>	<i>Pré-operatório</i>	8.207 (2.538)	12.693 (6.502)	.009
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.429 (2.327)	7.495 (2.788)	
<i>Total de imagens</i>	<i>Pré-operatório</i>	7.201 (2.641)	9.238 (4.272)	.227
	<i>Pós-operatório 3</i>	5.660 (2.067)	6.200 (2.348)	
<i>Imagens Neutras de Ajuste Horizontal</i>	<i>Pré-operatório</i>	5.318 (3.763)	5.573 (3.231)	.963
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.646 (2.419)	4.945 (2.691)	
<i>Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal</i>	<i>Pré-operatório</i>	8.657 (3.248)	12.803 (5.190)	.002
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.524 (2.376)	7.187 (3.145)	
<i>Imagens de Ajuste Horizontal</i>	<i>Pré-operatório</i>	6.988 (3.267)	9.188 (3.675)	.063
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.085 (1.983)	6.607 (2.513)	

Continua

Conclusão

Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	7.072 (8.631)	5.995 (3.449)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	3.135 (2.440)	4.843 (2.704)	.260
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	7.757 (2.468)	12.582 (8.198)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.335 (3.145)	7.803 (3.145)	.056
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	7.414 (4.272)	9.288 (5.098)	
	<i>Pós-operatório 3</i>	5.235 (2.924)	6.323 (2.646)	.649

Legenda: *ANOVA mista de duas vias

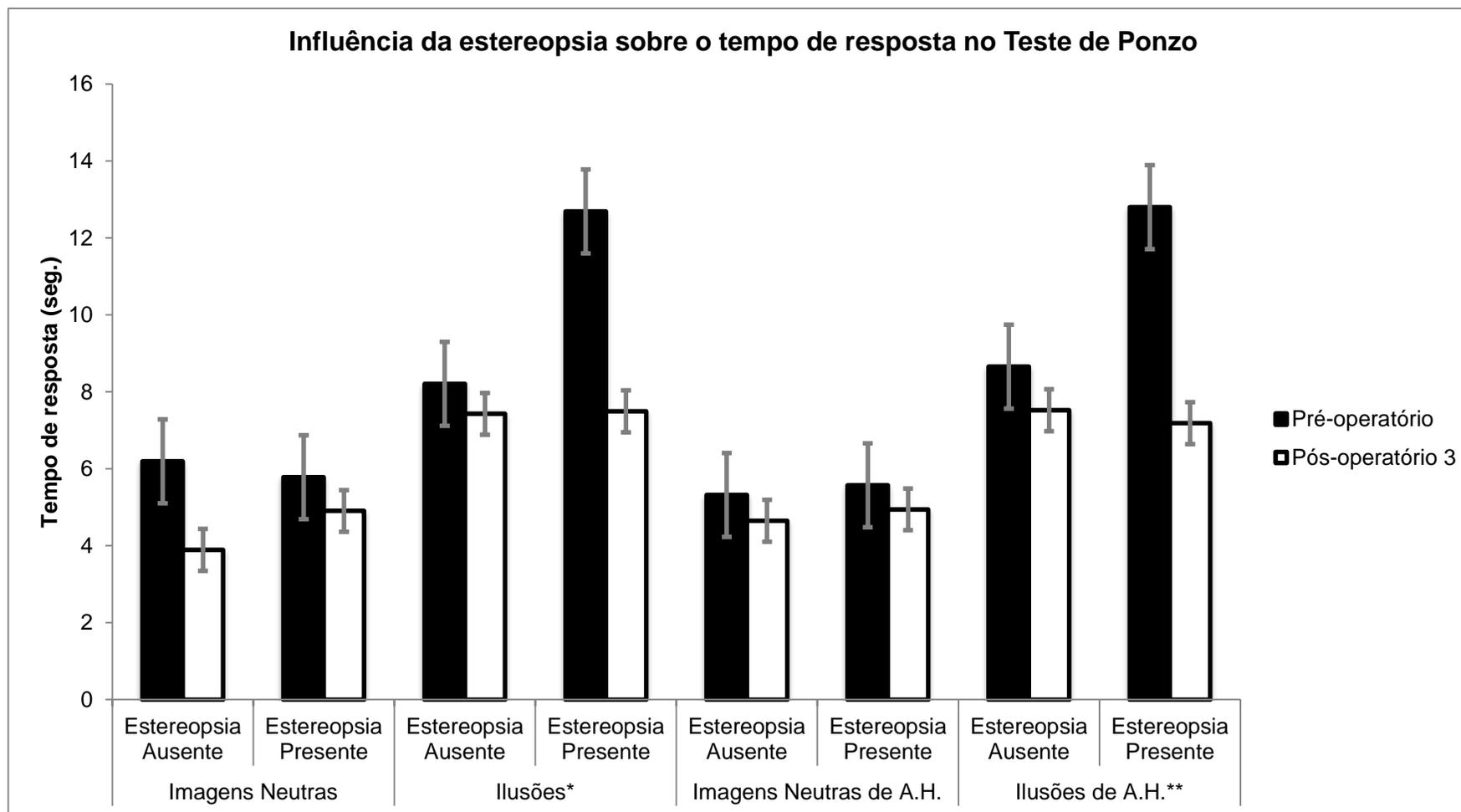


Figura 35 - Influência da Estereopsia sobre o tempo de resposta (em segundos) no Teste de Ponzo considerando-se o Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal pré e pós-operatório 3. *p-valor = 0,009; **p-valor = 0,002.

Considerando-se isoladamente cada Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal e em comparação com o Grupo Controle, os pacientes estrábicos que apresentavam algum grau de estereopsia presente foram mais rápidos na análise das figuras do teste de Ponzo no tempo de Seguimento pré-operatório, tendo um tempo de resposta similar ao Grupo Controle. Já no tempo de seguimento pós-operatório 1, apesar do paciente estrábico com algum grau de estereopsia ter sido mais rápido em avaliar as imagens do teste de Ponzo, não houve diferença significativa entre os grupos. Na avaliação do tempo pós-operatório 2, a resposta dos pacientes estrábicos com algum grau de estereopsia se assemelha ao Grupo Controle na avaliação das imagens ilusórias no geral (p-valor 0,026) e nas imagens ilusórias de ajuste horizontal (p-valor 0,037). No seguimento clínico pós-operatório 3 indivíduos estrábicos com estereopsia preservada apresentaram menor tempo de resposta para imagens ilusórias de ajuste horizontal (p-valor = 0,036) (Figura 36 e Tabela 29).

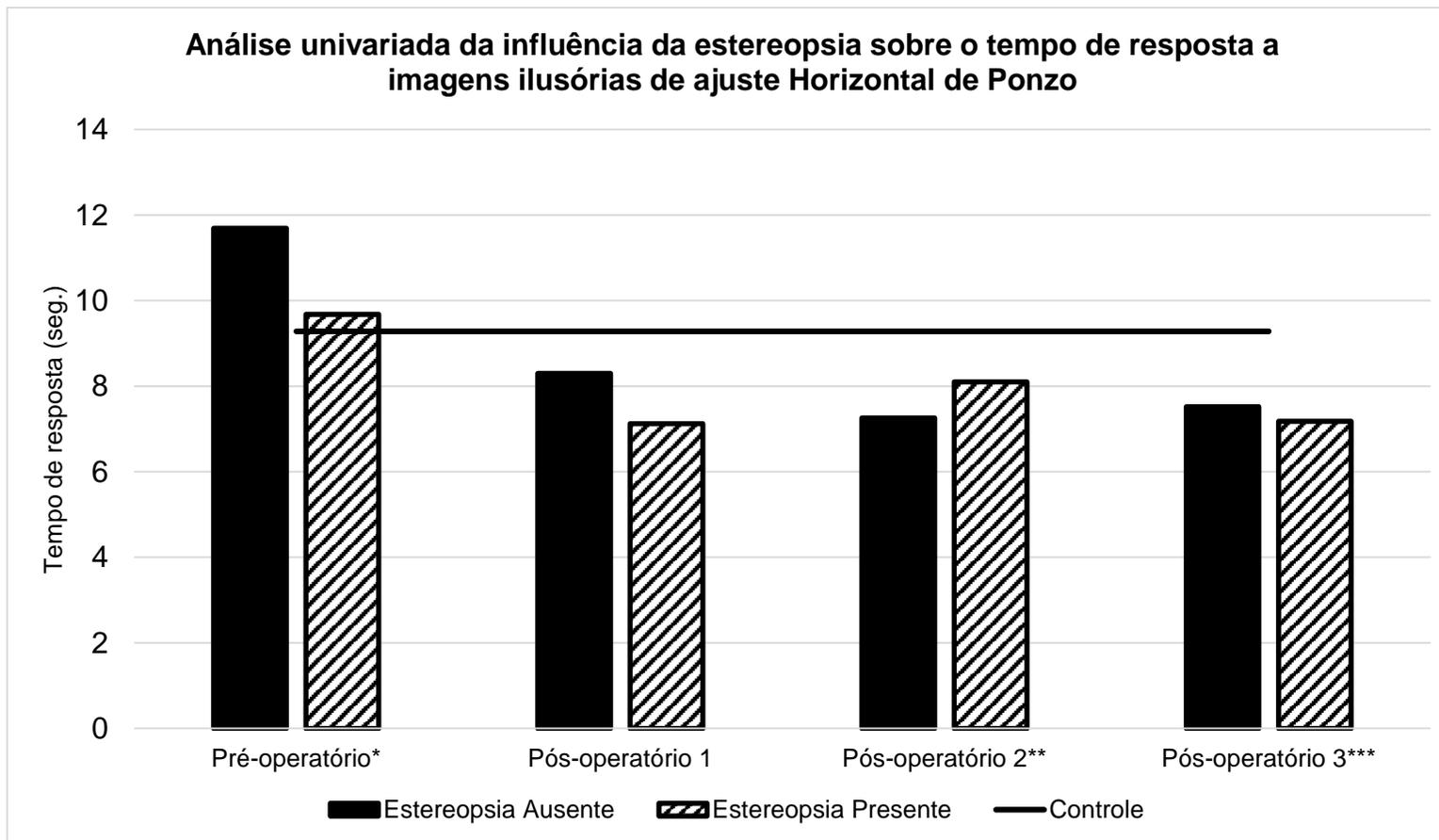


Figura 36 - Análise Univariada da influência da Estereopsia sobre o tempo de resposta a imagens ilusórias de ajuste horizontal de Ponzo. *p-valor 0,016 ; ** p-valor 0,037; *** p-valor 0,036. Controle (n 62); Pré-operatório: Estereopsia presente (n 10), Estereopsia Ausente (n 45); Pós-operatório 1: Estereopsia presente (n 11), Estereopsia Ausente (n 28); Pós-operatório 2: Estereopsia presente (n 12), Estereopsia Ausente (n 22); Pós-operatório 3: Estereopsia presente (n 17), Estereopsia Ausente (n 12);

Tabela 29 - Análise Univariada da influência da Estereopsia no tempo de resposta (em segundos) ao Teste de Ponzo comparando pacientes estrábicos com estereopsia preservada, sem estereopsia preservada e o grupo Controle (n 62) nos diferentes tempos de seguimento clínico longitudinal.

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Grupo	Tempo de resposta (seg.)							
		Pré-operatório		Pós-operatório 1		Pós-operatório 2		Pós-operatório 3	
		<i>Estereopsia Ausente (n 45)</i> <i>Estereopsia Presente (n 10)</i> M (DP)	p-valor	<i>Estereopsia Ausente (n 28)</i> <i>Estereopsia Presente (n 11)</i> M (DP)	p-valor	<i>Estereopsia Ausente (n 22)</i> <i>Estereopsia Presente (n 12)</i> M (DP)	p-valor	<i>Estereopsia Ausente (n 12)</i> <i>Estereopsia Presente (n 17)</i> M (DP)	p-valor
Imagens Neutras	<i>Estereopsia Ausente</i>	6.636 (3.639)	.034^a	5.396 (3.309)	.655	4.134 (1.867)	.163	3.891 (2.220)	.194
	<i>Estereopsia Presente</i>	4.230 (2.269)		4.538 (2.018)		5.197 (3.011)		4.904 (2.354)	
	Controle	5.306 (2.555)		5.306 (2.555)		5.306 (2.555)		5.306 (2.555)	
Imagens Ilusórias	<i>Estereopsia Ausente</i>	11.614 (5.098)	.011^b	8.468 (2.327)	.097	6.961 (2.508)	.026ⁱ	7.429 (2.327)	.106
	<i>Estereopsia Presente</i>	9.551 (6.847)		6.870 (2.074)		7.777 (2.257)		7.495 (2.788)	
	Controle	8.973 (3.323)		8.973 (3.323)		8.973 (3.323)		8.973 (3.166)	

Continua

Continuação

Total de imagens	<i>Estereopsia Ausente</i>	9.125 (3.816)	.005^c	6.932 (2.511)	.214	5.547 (1.797)	.027^j	5.660 (2.067)	.101
	<i>Estereopsia Presente</i>	6.890 (3.578)		5.704 (1.707)		6.487 (2.087)		6.200 (2.348)	
	<i>Controle</i>	7.139 (2.572)		7.139 (2.572)		7.139 (2.572)		7.139 (2.572)	
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Estereopsia Ausente</i>	6.436 (3.904)	.190	5.553 (3.893)	.766	4.359 (2.525)	.363	4.646 (2.419)	.639
	<i>Estereopsia Presente</i>	4.657 (2.784)		4.729 (2.063)		5.216 (3.458)		4.965 (2.691)	
	<i>Controle</i>	5.434 (3.107)		5.434 (3.107)		5.434 (3.976)		5.434 (3.107)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Estereopsia Ausente</i>	11.691 (4.799)	.016^d	8.305 (2.150)	.065	7.269 (2.322)	.037^k	7.524 (2.376)	.036^m
	<i>Estereopsia Presente</i>	9.686 (5.550)		7.127 (1.756)		8.108 (2.818)		7.187 (3.145)	
	<i>Controle</i>	9.286 (3.521)		9.286 (3.521)		9.286 (3.521)		9.286 (3.521)	

Continua

Conclusão

Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Estereopsia Ausente</i>	9.063 (3.769)	.020^e	6.929 (2.578)	.232	5.814 (1.655)	.048^{*l}	6.085 (1.983)	.100
	<i>Estereopsia Presente</i>	7.172 (3.140)		5.928 (1.589)		6.662 (2.520)		6.076 (2.513)	
	<i>Controle</i>	7.360 (2.744)		7.360 (2.744)		7.360 (2.744)		7.360 (2.744)	
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Estereopsia Ausente</i>	6.837 (5.599)	.041^f	5.239 (3.173)	.666	3.909 (2.148)	.210	3.135 (2.440)	.076
	<i>Estereopsia Presente</i>	3.803 (2.019)		4.346 (2.803)		5.178 (4.171)		4.843 (2.704)	
	<i>Controle</i>	5.177 (2.894)		5.177 (2.894)		5.177 (2.894)		5.177 (2.894)	
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Estereopsia Ausente</i>	11.536 (5.919)	.020^g	8.632 (3.128)	.199	6.653 (3.209)	.062	7.335 (3.901)	.429
	<i>Estereopsia Presente</i>	9.415 (8.453)		6.614 (2.729)		7.446 (2.111)		7.803 (3.145)	
	<i>Controle</i>	8.660 (3.793)		8.660 (3.793)		8.660 (3.793)		8.660 (3.793)	
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Estereopsia Ausente</i>	9.187 (4.719)	.007^h	6.936 (2.795)	.261	5.281 (2.388)	.052	5.235 (2.924)	.155
	<i>Estereopsia Presente</i>	6.609 (4.241)		5.480 (2.006)		6.312 (2.377)		6.323 (2.646)	
	<i>Controle</i>	6.919 (2.819)		6.919 (2.819)		6.919 (2.819)		6.919 (2.819)	

Legenda: * Anova de Welch ; ^a Post-Hoc Teste Games Howell demonstrando diferença entre os grupos Controle e Estereopsia ausente p valor 0,036; ^l Post-Hoc Teste Games Howell demonstrando diferença entre os grupos Controle e Estereopsia ausente p valor 0,008; Post-Hoc Teste de Tukey demonstrando diferença estatística significativa entre os grupos Controle e Estereopsia ausente (^b p-valor 0,008; ^c p-valor 0,005; ^d p-valor 0,012; ^e p-valor 0,021; ^f p-valor 0,015; ^g p-valor 0,015; ^h p-valor 0,008, ⁱ p-valor 0,025 ; ^j p-valor 0,021 ; ^k p-valor 0,034 ; ^l p-valor).

Em relação ao teste de Brentano, a análise Bidirecional considerando-se os quatro tempos de seguimento clínico longitudinal, apontou para todas as figuras analisadas diferença estatística significativa entre os grupos sendo menor o tempo de resposta no grupo onde se obteve sucesso cirúrgico conforme maior o tempo de seguimento clínico longitudinal. Entretanto, ao se avaliar os fatores sucesso e tempo de seguimento clínico isoladamente, por meio da comparação Pairwise, o sucesso não esteve associado a um menor tempo de resposta em nenhuma das imagens incluídas no Teste de Brentano. Já a variável tempo de seguimento clínico longitudinal, esteve intimamente relacionada à diminuição do tempo de resposta entre os tempos pré e pós-operatórios (Tabela 30).

Tabela 30 - Influência do Tempo de Seguimento clínico e Sucesso Cirúrgico sobre o tempo de resposta a imagem ajustável (em segundos) para o teste de Brentano, entre os pacientes que realizaram as 4 sessões de seguimento longitudinal (n total 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de seguimento longitudinal	Tempo de resposta (em seg.) considerando o Sucesso Cirúrgico		ANOVA* p-valor	Comparação Pairwise Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal p-valor
		Não (n 5) M (DP)	Sim (n 17) M (DP)		
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	6.233 (2.279)	8.130 (2.280)	.001	
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.567 (.895)	6.830 (2.098)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	5.862 (.721)	7.185 (3.223)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.507 (1.613)	7.092 (2.714)		
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	7.468 (2.637)	9.903 (2.630)	.000^a	Pré - Pós 1 (0.017) Pré - Pós 2 (0.005) Pré - Pós 3 (0.004)
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.984 (1.582)	8.586 (2.272)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.801 (.808)	8.254 (2.749)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.449 (1.081)	7.874 (1.924)		
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	7.056 (2.496)	9.312 (2.435)	.000^b	Pré - Pós 1 (0.036) Pré - Pós 2 (0.019) Pré - Pós 3 (0.021)
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.821 (1.267)	8.001 (2.157)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.488 (.670)	7.898 (2.843)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.135 (1.241)	7.614 (2.089)		
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	6.069 (2.224)	7.874 (2.598)	.046	
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.338 (1.186)	6.893 (2.409)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	5.986 (.638)	7.252 (3.371)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.032 (1.166)	7.270 (2.933)		
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	7.302 (2.778)	10.013 (2.473)	.000^c	Pré - Pós 2 (0.010) Pré - Pós 3 (0.000)
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.956 (1.923)	8.690 (2.350)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.314 (1.047)	8.100 (2.648)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.528 (1.071)	7.607 (1.961)		
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	6.891 (2.549)	9.300 (2.391)	.000^d	Pré - Pós 2 (0.004) Pré - Pós 3 (0.009)
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.750 (1.658)	8.091 (2.301)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.204 (.810)	7.817 (2.776)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.029 (.971)	7.494 (2.179)		

Continua

Conclusão

	<i>Pré-operatório</i>	6.396 (2.349)	8.385 (2.337)		
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.796 (1.241)	6.768 (2.061)	.000	
	<i>Pós-operatório 2</i>	5.738 (.997)	7.118 (3.165)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.982 (2.162)	6.914 (2.612)		
Imagens Neutras de Ajuste Vertical					
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	7.635 (2.509)	9.793 (3.013)	.000^e	Pré - Pós 1 (0.005)
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.941 (1.360)	8.482 (2.314)		Pré - Pós 3 (0.032)
	<i>Pós-operatório 2</i>	7.288 (.890)	8.408 (3.040)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.370 (1.467)	8.142 (1.969)		
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	7.222 (2.449)	9.324 (2.624)	.000^f	Pré - Pós 1 (0.011)
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.893 (1.058)	7.910 (2.128)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.771 (.638)	7.978 (2.979)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.240 (1.682)	7.733 (2.052)		

Legenda:* ANOVA de duas vias Mista, p-valor de acordo com Greenhouse-Geisser para avaliação do efeito dentre sujeitos. ^{a,b,c,d,e,f} Diferença significativa pela comparação Pairwise para o Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal.

Não houve diferença entre os grupos para o teste Vertical-Horizontal na análise Bidirecional considerando os quatro tempos de seguimento clínico longitudinal em associação ao sucesso cirúrgico. Na avaliação da variável Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal, houve diferença entre os tempos pré e pós-operatório 3 para imagens ilusórias de ajuste horizontal (Tabela 31).

Tabela 31 - Influência do Tempo de Seguimento clínico e Sucesso Cirúrgico sobre o tempo de resposta a imagem ajustável (em segundos) para o teste Vertical-Horizontal, entre os pacientes que realizaram as quatro sessões de seguimento longitudinal (n total 22).

Imagens Ajustáveis Apresentadas	Tempo de seguimento longitudinal	Tempo de resposta (em seg.) considerando o Sucesso Cirúrgico		ANOVA* p-valor	Comparação Pairwise Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal (p-valor)
		Não (n 5) M (DP)	Sim (n 17) M (DP)		
Imagens Neutras	<i>Pré-operatório</i>	7.922 (7.280)	9.721 (6.049)	.971	
	<i>Pós-operatório 1</i>	6.633 (3.307)	8.557 (4.186)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	4.685 (3.091)	6.947 (4.125)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	5.477 (3.985)	6.941 (4.652)		
Imagens Ilusórias	<i>Pré-operatório</i>	8.999 (3.347)	12.377 (4.197)	.144**	
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.134 (1.095)	9.549 (2.873)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.711 (2.030)	9.149 (3.592)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	8.180 (2.506)	8.222 (3.064)		
Total de imagens	<i>Pré-operatório</i>	8.640 (4.417)	11.491 (4.130)	.832	
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.633 (1.735)	9.218 (2.805)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.036 (1.937)	8.415 (3.447)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.279 (2.936)	7.795 (3.301)		
Imagens Neutras de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	8.879 (7.647)	8.015 (4.828)	.673	
	<i>Pós-operatório 1</i>	5.206 (4.553)	8.692 (4.290)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	4.802 (3.938)	7.608 (6.222)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	4.997 (3.663)	6.748 (4.242)		

Continua

Conclusão					
Imagens Ilusórias de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	9.327 (4.124)	12.440 (4.025)	.319**a	Pré - Pós 3 (0.022)
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.861 (1.902)	9.978 (3.062)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	7.043 (2.053)	9.220 (3.970)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.998 (2.937)	8.014 (2.874)		
Imagens de Ajuste Horizontal	<i>Pré-operatório</i>	9.177 (5.023)	10.965 (3.533)	.373 ^b	Pré - Pós 3 (0.039)
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.643 (2.557)	9.549 (2.751)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.296 (2.239)	8.683 (3.913)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	6.998 (3.115)	7.592 (3.076)		
Imagens Neutras de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	6.965 (7.082)	11.427 (8.361)	.625	
	<i>Pós-operatório 1</i>	8.059 (4.041)	8.422 (5.263)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	4.568 (3.010)	6.286 (4.475)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	5.958 (4.446)	7.134 (5.409)		
Imagens Ilusórias de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	8.671 (3.036)	12.314 (4.966)	.203**	
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.406 (1.273)	9.119 (2.905)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	6.379 (2.159)	9.078 (3.530)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	8.362 (2.166)	8.429 (3.499)		
Imagens de Ajuste Vertical	<i>Pré-operatório</i>	8.102 (3.984)	12.018 (5.309)	.298	
	<i>Pós-operatório 1</i>	7.624 (1.539)	8.887 (3.245)		
	<i>Pós-operatório 2</i>	5.776 (1.887)	8.148 (3.447)		
	<i>Pós-operatório 3</i>	7.561 (2.780)	7.997 (3.657)		

Legenda:* ANOVA de duas vias Mista, p-valor de acordo com Greenhouse-Geisser para avaliação do efeito dentre sujeitos. ** p-valor de acordo com Esfericidade Considerada. ^{a,b} Diferença significativa na comparação Pairwise para o Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal.

4.2.3 Relatório Comportamental (Diário de Campo)

Paralelamente às filmagens do momento da realização dos testes da ilusão visual, foi realizado um diário de campo onde a pesquisadora anotou suas observações pessoais e relatos advindos dos próprios pacientes.

Percebeu-se uma dificuldade de compreensão geral, tanto no Grupo Casos como no Grupo Controle em relação ao entendimento da tarefa a ser realizada no teste de Brentano. Alguns dos sujeitos e dos participantes do Grupo Controle também se queixaram de que este teste era longo em relação aos outros dois.

Quanto ao grau de dificuldade auto-declarado para os testes, no momento pré-operatório, os pacientes estrábicos (n = 55) referiram que o teste de Brentano foi o mais difícil (34 indivíduos, 61,81%), seguido de Ponzo (9 indivíduos, 16,36%) e Vertical-horizontal (para o qual não houve nenhuma queixa). Dez indivíduos (18,18%) acharam que todos os testes são parecidos e dois (3,63%) não souberam responder.

5 DISCUSSÃO

Analisando-se as características gerais da população, observou-se distribuição similar quanto ao sexo, com discreta predominância do sexo masculino (61,8%) na composição amostral do grupo Casos (125)(126)(127).

Hashemi et al. (2019), em estudo de meta-análise demonstrou que a prevalência e distribuição do estrabismo varia de acordo com a região, sendo a Exotropia o tipo de desvio mundialmente mais prevalente em todas as faixas etárias (127). Entretanto, considerando-se isoladamente os países latino-americanos e europeus, a Esotropia mostra-se mais prevalente com taxa ET/ XT que varia em média de 1,20 a 2,17:1 (127) conforme corroborado em nosso estudo, visto que dos 55 indivíduos incluídos, 40 (72%) apresentavam desvio do tipo convergente, 14 (25%) do tipo divergente e somente 1 paciente (1,8%) com desvio vertical puro, com taxa ET/XT de 2,8:1.

Inicialmente, esperávamos encontrar maior prevalência de Exotropia tendo em vista a seleção de idade para a amostra (10 a 15 anos de vida e não submetidos à cirurgia). Isso porque a correção cirúrgica do desvio divergente, especialmente do tipo intermitente, em geral, é realizada em pacientes mais velhos, pois é possível lançar mão inicialmente de tratamento clínico, obtendo-se relativa compensação do desvio ocular (125).

Diante do exposto, devemos considerar que a alta prevalência de Esotropias, principalmente do tipo Esotropia Infantil (36,3%) (desvio diagnosticado antes dos 6 meses de vida) observada no presente estudo pode ser consequência da dificuldade de acesso ao serviço de saúde oftalmológico. Este aspecto é preocupante pois o atraso no tratamento cirúrgico traz graves consequências, especialmente na Esotropia (17)(18)(90). Milleret et al. (2018), ressalta que o tripé essencial para a boa condução do paciente estrábico é composto inicialmente pela prescrição óptica quando necessário, em segundo lugar pelo tratamento da ambliopia a fim de manter o desenvolvimento funcional visual, e em terceiro por meio da cirurgia de estrabismo a fim de garantir o melhor alinhamento ocular possível (18). Estudos ressaltam a importância da realização da cirurgia precoce (18)(90), pois apesar dos resultados promissores, podendo-se alcançar melhora na

binocularidade e estereopsia mesmo em cirurgias com pacientes já adultos, (117) (118), observam-se alterações morfológicas em nível cerebral, incapacidade de desenvolvimento de visão binocular e instabilidade nos resultados alcançados com a cirurgia, em especial nos casos de Esotropia quando a cirurgia é realizada tardiamente(55)(98)(91)(106). Este aspecto poderia, em parte, justificar a taxa de insucesso cirúrgico apontada em nosso estudo, muito mais prevalente em pacientes portadores de estrabismo convergente.

Em nossa amostra, a taxa de sucesso quanto ao alinhamento ocular foi de 72,8% o que corrobora a literatura (123). Vários fatores podem ser apontados como causas para o insucesso cirúrgico e incluem desde a combinação de tipos de desvio e sua complexidade (desvios horizontais associados a verticais e incomitâncias, dentre outros), além de particularidades individuais do paciente, até o papel dos músculos extrínsecos e em última análise, do Sistema Nervoso Central na manutenção do alinhamento ocular (18)(115). Ao avaliar o grupo de insucesso cirúrgico (12 pacientes entre os 44 operados que compareceram ao seguimento clínico), 8 pacientes (66,6%) apresentavam algum tipo de desvio vertical ou anisotropia o que, de fato, torna o planejamento cirúrgico mais complexo. Em contraste, dentro do grupo amostral (55 indivíduos), 60% dos pacientes apresentavam desvio vertical associado, o que novamente corrobora estudos anteriores (88).

Em relação aos aspectos funcionais, observamos que 8 (14%), dos 55 pacientes do Grupo Casos foram diagnosticados com ambliopia (126)(123), sendo que todos apresentavam desvio do tipo convergente no pré-operatório. Quanto à estereopsia, esta esteve presente em sua maioria, em pacientes com desvio divergente do tipo intermitente. É importante ressaltar que apesar da manutenção dos mapas retinotópicos corticais, mesmo em pacientes que desenvolveram estrabismo em tenra idade, sabe-se que as colunas e camadas de percepção dos vários atributos da cena visual (cor, movimento, forma, contorno) apresentam anormalidades no paciente estrábico, em especial no ambliope (18). Quando a falta de paralelismo ocular acomete indivíduos mais velhos, além do período de maturação visual, as consequências do desalinhamento ocular podem ser melhor administradas no sentido que morfológicamente as áreas visuais centrais já estão

maturadas, o que facilitaria a manutenção do alinhamento ocular pós-cirúrgico além de possibilitar a recuperação da estereopsia perdida (17)(128). Em nosso estudo observamos que indivíduos portadores de Exotropia foram os que mais recobram a estereopsia no resultado do seguimento final pós-cirúrgico, ratificando a literatura (117).

Apesar das melhorias funcionais e na qualidade de vida descritas após correção do estrabismo (29)(92)(101)(110)(111)(114)(117), Zhou et al. (2017), demonstraram em seu estudo que nem todos os aspectos da funcionalidade visual poderiam ser recuperados com a cirurgia. Analisando o balanço ocular sensorial no pré e pós-operatório de 17 sujeitos estrábicos não amblíopes, os pesquisadores relataram que a despeito do excelente alinhamento ocular, não foi possível reestabelecer o balanceamento ocular sensorial quanto à dominância ocular para a percepção de contraste de imagens a longo prazo (após 1 ano da cirurgia). Interessantemente, a identificação da característica perceptual de contraste, marcadamente diminuída no estrábico, parece ser realizada por todo o córtex estriado, não por uma coluna específica na área V1 (18).

Em relação à distribuição dos indivíduos do Grupo Controle por sexo e faixa etária, observou-se maior concentração de indivíduos na faixa etária de 10 e 11 anos em ambos os sexos (84% dos voluntários), sendo a maioria do sexo feminino (61,2%). Organizou-se a metodologia do estudo para executar o pareamento por sexo e idade, entretanto devido à pandemia de SARS-COV2 foi necessário interromper a coleta de dados pois os indivíduos que compuseram o grupo Controle foram captados de escolas públicas que tiveram suas atividades interrompidas durante a pandemia. Apesar do número de sujeitos final estimado para o trabalho não ter sido alcançado, não houve impacto ou perda de poder amostral significativa quanto a avaliação das variáveis em estudo, sendo o poder amostral estimado em 80 %, e o poder obtido 77,8 %.

Quanto à análise visual funcional e cognitiva a partir dos testes das ilusões visuais e respectivas imagens neutras (não-ilusórias), procurou-se avaliar a susceptibilidade à ilusão, ou seja a taxa de erro (engano) no julgamento visual das imagens e o tempo de resposta comparando os dois grupos populacionais e dentro dos subgrupos de classificação nos casos de estrabismo.

Na avaliação dos resultados no teste de Ponzo observou-se que os pacientes estrábicos tenderam a perceber visualmente, na figura ilusória, a imagem da reta como maior do que realmente é, de forma mais exacerbada em comparação aos pacientes do Grupo Controle. Tal fato parece ter induzido maior taxa de erro no julgamento (hipercorreção) da imagem nas ilusões com necessidade de ajuste horizontal. De igual modo, o tempo de observação/ajuste para imagens ilusórias foi maior nos pacientes estrábicos. Este grupo levou cerca de 2 segundos a mais para observar/ ajustar as imagens ilusórias. Interessantemente, não se observou diferença estatisticamente significativa para a mensuração das imagens ou quanto ao tempo de observação/ajuste quando foram comparadas às imagens não ilusórias (figuras neutras). Por outro lado, pacientes estrábicos com algum grau de estereopsia preservada apresentaram resposta quanto à suscetibilidade ilusória e tempo de resposta semelhante aos indivíduos do grupo controle para o teste de Ponzo, denotando que a presença de Estereopsia influencia na percepção de imagens ilusórias.

Apesar de ter sido apresentada como uma imagem bidimensional (2D), estudos anteriores relataram o sentido de tridimensionalidade (3D) que há na ilusão de Ponzo. Leibowitz et al. (1969), pontuaram que a figura de Ponzo apresenta pistas (monoculares e binoculares) que estão normalmente associadas a imagens tridimensionais sinalizando ao organismo a necessidade de corrigir o tamanho decrescente da imagem da retina em objetos distantes (81). Yamagami et al. (2007) e Poom et al. (2020), apontaram que a magnitude da percepção ilusória é ainda maior na disposição de Ponzo em linhas de ajuste horizontal superior, sendo a percepção ilusória decorrente do “efeito de enquadramento” que advém da interação entre as linhas horizontais e verticais oblíquas (72)(129). Em uma perspectiva funcional, Murray et al. (2006), em estudo utilizando RNMf observaram que a distribuição de atividade cerebral na área V1 diante de uma imagem de discos 2D assemelhou-se à diferença de resposta para a cena 3D da ilusão de Ponzo em círculos, dado que justifica a tridimensionalidade evocada. Além disso, objetos situados mais distantes aparentaram ser maiores em relação aos objetos mais próximos a despeito de apresentarem o mesmo comprimento físico real. Os pesquisadores concluíram que a interpretação da imagem ilusória depende não só do ângulo visual projetado na retina e refletido retinotopicamente no córtex, mas

também da representação visual percebida no contexto onde a imagem está inserida o que justifica o processamento visual de cima para baixo atribuído à interpretação ilusória de Ponzo (62).

De acordo com Yildiz et al. (2021), a Ilusão do Corredor evoca aspecto similar à ilusão clássica de Ponzo. Nesta ilusão, a imagem de dois círculos idênticos é projetada sobre um fundo que cria uma perspectiva tridimensional em formato de corredor, com perspectiva linear e texturas nas paredes. Apesar de ser uma imagem plana, bidimensional o observador tem a percepção de tridimensionalidade pois os círculos estão posicionados a distâncias diferentes, sendo que o círculos posicionados mais distantes, ao final do corredor, aparentam ser maiores do que aquele que está mais próximo, princípio idêntico ao descrito para Ponzo. Os autores observaram que independentemente da apresentação de frequência espacial de fundo – local onde a ilusão está inserida (alta, média ou baixa frequência espacial) - a suscetibilidade ilusória é a mesma. Ademais, ao retirar a figura ilusória de seu contexto, o efeito ilusório foi nulo. Tais achados sugerem que interações de alto nível perceptual com interpretação de cima para baixo (*top-down regulation*) estejam implicadas no processamento espacial ilusório, ou seja, para percepção de uma ilusão é necessária uma influência predominante do processamento interpretativo contextual, e não somente de canais separados de baixo nível de processamento. Entretanto, os pesquisadores advertem que a mesma interpretação não deve ser atribuída a todas as ilusões geométricas visto as diferentes formas de apresentação e contexto das mesmas (65). De igual modo Cretenaud et al. (2019), ao testar 5 ilusões (Vertical-Horizontal, Müller-Lyer, Poggendorff, Ponzo e Zöllner), em 20 pacientes saudáveis entre 18 a 28 anos, sob diferentes contextos de orientação da imagem encontrou fraca correlação entre a magnitude da percepção ilusória inter-ilusões, mas forte correlação intra-ilusão o que corrobora a evidência de que não há um fator comum que justifique a percepção ilusória (61).

Do ponto de vista morfológico, Xiao et al. (2007), e Li et al. (2016), demonstraram alterações com diminuição da densidade de substância cinzenta occipital e parietal em pacientes estrábicos (100) (106). Yin et al. (2021), também reportaram alterações morfológicas em nível do sistema nervoso central em

crianças portadoras de Esotropia (108). Esses resultados podem ser correlacionados aos resultados descritos por Schwarzkopf et al. (2011), em indivíduos normais em seu estudo avaliando as ilusões de Ponzo e Ebbinghaus. Os autores demonstraram que quanto menor a ativação da superfície volumétrica na área V1 em indivíduos normais, mais forte é a magnitude da percepção ilusória (79), aspecto também defendido por Song et al. (2011) (130). Desde modo poderia-se inferir que devido à diminuição volumétrica e alterações morfológicas presentes nos estrábicos a ativação em V1 estaria comprometida aumentando a magnitude da percepção ilusória nesse grupo populacional. Além da resposta em V1, Axelrod et al. (2017) também reportam uma resposta cortical mais alta quanto à exposição e ajuste das ilusões de Müller-Lyer (versão Brentano), Ebbinghaus, Ponzo e Vertical-Horizontal. Os autores observaram que a magnitude da percepção ilusória para as ilusões de Müller-Lyer e Ebbinghaus, esteve correlacionada com a densidade de substância cinzenta na região do córtex parahipocampal (7). Porém, tanto Schwarzkopf et al. (2011) quanto Axelrod et al. (2017) reforçam que a correlação morfo-funcional para a mesma área cerebral considerando diferentes ilusões geométricas é fraca. Tal fato corrobora o entendimento da complexidade funcional na interpretação de figuras ilusórias geométricas, aspecto também descrito por Yildiz et al. (2021) e Cretenaud et al. (2020) e poderia justificar os diferentes resultados alcançados no presente trabalho ao compararmos as três ilusões testadas (65)(78).

Ao encontro desses achados, Grzeczowski et al. (2017), demonstraram que a magnitude da suscetibilidade ilusória para Ponzo está diretamente correlacionada à desorganização cognitiva. Ao avaliar a resposta a suscetibilidade de 15 indivíduos (média etária 22,6 anos) às ilusões de Ebbinghaus, Müller-Lyer, Ilusão de Contraste simultâneo, Ilusão de Ponzo (clássica, ampla, em corredor e em gride), Ilusão de White e Ilusão de Tilt T, e correlacionar os resultados aos scores de questionários auto-aplicados para avaliação de esquizotipia e identificação de desorganização cognitiva, os autores reportaram forte associação positiva entre a magnitude da percepção ilusória de Ponzo e a desorganização cognitiva, o que não é percebido frente às outras ilusões testadas. Os autores, entretanto, ressaltam que os resultados devem ser interpretados com cautela (120). Nesse sentido, linhas de pesquisa tem sido desenvolvidas na investigação de alterações na percepção

ilusória em pacientes Esquizofrênicos, porém ainda com resultados controversos (131) (132).

Outro interessante ponto é o levantado ao considerar-se o trabalho de Song et al. (2011). Os pesquisadores demonstraram que a interpretação ilusória de Ponzo é mediada por neurônios binoculares, ou seja, em condições de visão monocular a magnitude da percepção ilusória foi maior do que em condições binoculares demonstrando completa transferência interocular (mediada por uma população de neurônios binoculares que recebe e combina as informações advindas dos dois olhos) (130), achado também descrito por Leibowitz et al. (1969) (81), o que poderia justificar a maior suscetibilidade ilusória encontrada nos estrábicos. Isso porque, além de binocularidade anormal, pacientes estrábicos, em sua maioria, não apresentaram estereopsia normal (visão tridimensional) (17) e portanto, utilizam-se de pistas monoculares para integração visuoespacial e de construção de cena, podendo-se inferir que a falta de estereopsia deixa os pacientes estrábicos em desvantagem na avaliação de uma imagem que exige interpretação cognitiva e contexto visuoespacial. Esses pacientes lançam mão de pistas secundárias para percepção de profundidade como paralaxe, sombra, perspectiva, movimento e ponto de fuga que poderiam ser mais suscetíveis ao engano do que o julgamento binocular.

Outro aspecto a ser considerado no campo do estudo de ilusões visuais, é o levantado por Yildiz et al. (2021). Em seu trabalho, os autores demonstraram que a posição do olhar e os movimentos oculares tem influência sobre a suscetibilidade à Ilusão do Corredor. Ao apresentar a ilusão sobre um fundo de baixa frequência espacial com imagem de comparação fora do contexto de fundo, os pesquisadores observaram diminuição da magnitude da percepção ilusória. Eles advogam que no contexto de comparação indireta os sujeitos precisariam executar mais movimentos oculares a fim de comparar o tamanho dos estímulos, pois a imagem ilusória apresentava-se fora da cena visual o que diminuiria o redimensionamento da imagem diminuindo por conseguinte a suscetibilidade ilusória (65). De igual modo, é descrito na literatura que os pacientes estrábicos apresentam movimentos sacádicos não conjugados em amplitude e direção, além de velocidade de sacadas anômalas, pior em indivíduos sem estereopsia e com maior ângulo de desvio ocular

(25). Tais aspectos podem comprometer a localização espacial e temporal dos objetos (97) e têm influência sobre tarefas essenciais como a leitura, que tende a ser mais lenta nos estrábicos (29). Apesar da mensuração dos movimentos oculares não fazer parte do objetivo desta pesquisa, possivelmente a lentidão na análise e resposta para figuras ilusórias (que demandam interpretação mais complexa) pode ser devido à dificuldade de coordenação dos movimentos oculares experimentada pelos pacientes portadores de desvio ocular (27) (29)(32)(97)(114).

Em contra-ponto, outro aspecto relevante é abordado por Schmidt et al. (2016). Os pesquisadores demonstraram que a suscetibilidade à ilusão de Ponzo aumenta à medida que se aumenta o tempo de exposição a imagem. Isso porque o processamento cerebral da ilusão de Ponzo dependeria da complexa interação na via de integração espacial de alta frequência, com contribuição da via Parvocelular, ou seja, seria necessário tempo para que o contexto ilusório fosse percebido (133). Deste modo, poderia-se questionar que o aumento da magnitude da suscetibilidade ilusória descrita no presente trabalho para os pacientes estrábicos poderia ser advinda da falta de controle sobre o tempo de exposição à figura, condicionada em nossa metodologia. Entretanto, tendo-se como comparação um Grupo Controle (pacientes não estrábicos) além de imagens comparativas neutras (não ilusórias) associado ao cuidado metodológico na aquisição do teste quanto à solicitação para que todos os sujeitos realizassem o mesmo com a maior presteza possível, e diante do conhecimento de todos os déficits funcionais e morfológicos atribuídos aos pacientes estrábicos, acreditamos que a maior suscetibilidade e lentidão no tempo de resposta não se devam somente a falta de controle quanto ao tempo de exposição à imagem ilusória. Ademais, após subdivisão do Grupo Casos, analisando a resposta subjetiva comportamental dos indivíduos que apresentavam algum grau de estereopsia, observamos significativa diferença entre os grupos, com similar comportamento quanto à suscetibilidade e tempo de resposta ao comparar estrábicos portadores de algum grau de estereopsia e sujeitos do Grupo Controle na análise de figuras ilusórias. Assim, a presença de algum grau de estereopsia parece ser vantajosa na significação do constructo perceptual para a ilusão de Ponzo.

Esperava-se encontrar resposta similar para a ilusão de Brentano e na ilusão Vertical-Horizontal. Porém, a análise com relação à diferença entre o resultado e alvo no ajuste e o tempo de observação/ajuste das imagens revelou que os pacientes estrábicos apresentaram maior taxa de erro somente na mensuração da imagem neutra de ajuste vertical. Não houve diferença estatística entre os grupos quanto à mensuração do tamanho das imagens ilusórias ou quanto ao tempo de observação/ajuste das figuras ilusórias. Acreditamos que, ao menos em parte, os resultados obtidos em Brentano possam ter sido influenciados pelo fato de que o teste foi, dentre os três, aquele em que observamos maior dificuldade no entendimento na execução da tarefa proposta (tanto no Grupo Controle como no Grupo Casos), conforme documentado pelas filmagens do momento da aquisição do teste e através dos relatórios comportamentais. Além disso, sabe-se que diversas áreas cerebrais têm sido implicadas na interpretação das imagens ilusórias, o que, como dito anteriormente pode ser análogo aos aspectos comportamentais na resposta à imagens ilusórias (65). Nessa direção, Axelrod et al. (2017), relataram que, mesmo tratando-se de ilusões geométricas, o locus de resposta cerebral para interpretação destas imagens não foi integralmente o mesmo, o que ilustra a complexidade da integração visuo-espacial ilusória (7), aspecto também corroborado por Yildiz et al. (2021)(65). De igual modo, em avaliação funcional, Cretenaud et al. (2020), demonstraram uma fraca correlação entre a suscetibilidade ilusória entre ilusões diferentes, apesar de serem consideradas de um mesmo grupo de classificação taxonômica. Em seu estudo avaliando a ilusão de Ponzo e Müller-Lyer os autores concluem que existem múltiplos fatores que podem influenciar a percepção ilusória e que a forte correlação existente ao se analisar diferentes apresentações da mesma ilusão sugerem a existência de um fator específico para cada ilusão (78).

De acordo com de Grave et al. 2006, em indivíduos saudáveis, o efeito ilusório de Brentano mostra-se similar em todas as posições do olhar (para cima, para baixo, direita e esquerda) e em imagens de ajuste vertical e horizontal (134). Entretanto, ao avaliar a influência da combinação do desvio horizontal com desvios verticais ou incomitâncias alfabéticas observou-se que no teste de Brentano o subgrupo de indivíduos estrábicos com desvio vertical ou incomitância associada apresentou maior taxa de erro na mensuração do tamanho da imagem

principalmente, nas figuras que exigem ajuste vertical (tanto imagens ilusórias como imagens neutras). O mesmo padrão se observou nas figuras neutras no teste Vertical-Horizontal. Como o engano no julgamento não ocorreu nas imagens horizontais e não se distinguiu em figuras ilusórias ou imagens neutras pode-se avaliar que a dificuldade nas imagens de ajuste vertical possa ser decorrente da associação dos dois tipos de desvio ocular (horizontal e vertical/ incomitância). Entretanto, a taxa de erro de mensuração não se correlacionou com um maior tempo de observação/ajuste para nenhum dos testes apresentados.

Demonstrou-se que os estrábicos apresentaram significativa imprecisão na estimativa do comprimento de figuras simples, sem contexto visual, nas imagens neutras do teste de Brentano e teste Vertical-Horizontal. Resultado similar também foi observado em amblíopes que apresentaram significativa diferença na estimativa do tamanho das imagens neutras de Ponzo de ajuste vertical, tendendo à hipercorreção. Tais achados podem estar relacionados à dificuldade na integração de contornos, descritos por Niechiej-Szwedo et al. (2017). Os autores também reportam déficits no rastreamento e enumeração de objetos e alterações na sensibilidade ao movimento, achados que refletem acometimento de alto nível central (extra-estriado) além de alterações no processamento primário da imagem nos pacientes amblíopes (24)(97). Milleret et al. (2018), reportaram que pacientes estrábicos, em especial amblíopes, apresentam alterações na ativação de neurônios seletivos de orientação, com poucos ou nenhum neurônio seletivo à orientação de imagens verticais e baixa resposta a altas frequências espaciais, o que poderia contribuir para os resultados encontrados (18).

Além disso, a ambliopia tem sido associada a dificuldades quanto à precisão, alcance e acurácia dos movimentos sacádicos oculares (97). No presente estudo 8 pacientes (18%) apresentaram ambliopia estrabísmica, percentual similar à literatura (123). Os resultados no teste de Ponzo demonstraram que esse grupo tendeu a superestimar as figuras neutras, em especial com ajuste vertical o que corrobora com a literatura (18). Entretanto, isto não ocorreu na avaliação das imagens ilusórias, o que poderia ser justificado devido à propriedade biológica das ilusões que permite com que as mesmas sejam percebidas ainda que a imagem esteja borrada (45). Além disso, em nossa metodologia, optamos por realizar o

teste de forma binocular, ou seja, o paciente poderia utilizar o olho contralateral não ambliope para avaliar as imagens. Otero-Millan et al. (2014), demonstraram que a performance binocular é superior à monocular na avaliação de figuras ilusórias (16). Por outro lado, Cretenoud et al. (2021), reportaram não haver diferença na magnitude da percepção ilusória em condições de monocularidade ou binocularidade em indivíduos com acuidade visual dentro da normalidade(119). Deste modo, poder-se-ia entender que a apresentação binocular das imagens, sem uma avaliação comparativa monocular, representaria uma limitação deste estudo (8). Apesar disso, considerando-se a idade dos participantes optou-se por realizar os testes de forma binocular a fim de prevenir possíveis influências de fatores externos, como o cansaço, que poderia impactar significativamente na performance do experimento. Ademais, enfatizamos que nossa percepção visual é rotineiramente feita de forma binocular, deste modo o experimento seria mais fiel em traduzir a realidade.

Poderia-se esperar que os impactos quanto à percepção ilusória fossem mais significativos quanto mais tenra a idade de desenvolvimento do desalinhamento ocular, entretanto não encontramos diferença estatisticamente significativa na resposta quanto à suscetibilidade ilusório ou tempo de resposta nos testes ao avaliar o tipo de desvio ocular ou o período de seu surgimento. Como apontado por Bui Quoc et al. (2014), existem vários mecanismos e possíveis origens causais para o surgimento do estrabismo, sendo necessário mais estudos para elucidar esses aspectos na determinação da percepção ilusória em estrábicos. Ademais estudos morfo-funcionais tem demonstrado compensações em nível central com aumento do fluxo sanguíneo e ativação de áreas acessórias cerebrais em indivíduos estrábicos a fim de compensar os déficits funcionais e colaborar no processo interpretativo da percepção visual o que poderia justificar as respostas comportamentais encontradas (98)(106)(105). Estudos futuros contemplando maior tamanho amostral, mais ampla faixa etária e longo follow-up também podem contribuir para o melhor entendimento das alterações perceptuais subjetivas na avaliação das ilusões visuais nessa população.

Quanto à avaliação do tamanho do desvio ocular observou-se que a maioria da amostra se concentrou nos desvios de tamanho médio e grande, fato já

esperado considerando-se que foram incluídos no estudo somente estrabismos com indicação cirúrgica. Não houve diferença significativa quanto à influência do tamanho do desvio ocular, tanto em relação à estimativa do tamanho da imagem quanto na avaliação do tempo de resposta. Tal dado deve ser interpretado com cautela, tendo em vista o pequeno número de pacientes pertencentes ao subgrupo populacional de desvio de pequeno ângulo devendo-se ressaltar que estudo anterior não observou correlação entre a gravidade de alterações neurais na percepção visual e o tamanho do desvio ocular no estrabismo infantil (18).

Com relação à avaliação longitudinal pós-operatória, observamos que 44 dos 48 indivíduos submetidos à cirurgia compareceram ao menos a uma consulta de seguimento clínico pós-operatório. Cabe ressaltar que o contexto da pandemia comprometeu em parte a coleta de dados, a realização de cirurgias e o próprio seguimento clínico dos pacientes, impactando sobremaneira na amostra final de indivíduos com todas as sessões pós-operatórias completas. Deste modo, os resultados alcançados para a totalidade das sessões de Seguimento Clínico Longitudinal foi de 22 indivíduos (45,83% dos pacientes submetidos à cirurgia), sendo que alcançou-se sucesso no alinhamento ocular em 17 pacientes (77,27 % daqueles que compareceram a todas as sessões pós-operatórias).

Salienta-se que, na interpretação dos resultados da avaliação longitudinal, devemos considerar o efeito de habituação e conhecimento prévio sobre o teste de ilusões, visto que, os pacientes do Grupo Casos foram apresentados as mesmas imagens em quatro momentos distintos (durante os Tempos de Seguimento Clínico Longitudinal). O fato de já terem conhecimento sobre o teste, sua natureza e possíveis respostas, pode ter impacto tanto na suscetibilidade quanto no tempo de resposta dos indivíduos. Esse aspecto deve ser considerado na análise dos resultados alcançados podendo ser interpretado como um fator de confusão e uma limitação em nosso estudo.

A despeito dessas dificuldades, na comparação multivariada dos quatro tempos operatórios considerando a influência das variáveis Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal e Sucesso Cirúrgico no alinhamento ocular podemos observar que houve diferença estatística significativa na interpretação das imagens ilusórias de Ponzo, com menor taxa de erro (menor suscetibilidade) nas ilusões naqueles

pacientes em que se obteve sucesso no alinhamento ocular e maior suscetibilidade no subgrupo de pacientes em que não se obteve sucesso com o passar do tempo.

Como mencionado anteriormente e de acordo com Cretenaud et al. (2019), poderia-se questionar que tal efeito seria consequência da apresentação da mesma imagem ilusória por diversas vezes, o que favoreceria a aprendizagem perceptiva do estímulo, já treinado, com consequente melhora da performance e diminuição da magnitude ilusória (61). De fato, autores reportaram que a exposição repetida a uma imagem ilusória desencadearia diminuição da suscetibilidade à mesma como consequência de um efeito aprendido (135). Entretanto, os próprios autores demonstraram em seu estudo que a percepção a ilusões visuais tende a permanecer estável ao longo do tempo. Cretenaud et al. (2019), avaliaram em seu estudo 14 indivíduos de 18 a 27 anos quanto à percepção ilusória a 8 ilusões bidimensionais (Ebbinghaus, Horizontal-Vertical, Poggendorff, Ponzo, duas variantes de Ilusão de Contraste e a Ilusão e White) através do Método do Ajuste. Os indivíduos foram submetidos a 12 sessões de análise das imagens ilusórias, com um dia de pausa entre as sessões. Cada sessão contou com 32 tentativas no total (duas repetições por ilusão). Seus dados apontaram para uma consistência das respostas com o passar do tempo, havendo discreto aumento, não significativo, da suscetibilidade ilusória a Ilusão de Ebbinghaus e a uma variante da ilusão de Contraste (119). Schwarzkopf et al. (2011), também demonstraram que em nível individual as respostas dos participantes foram consistentes e confiáveis em testes repetidos, advogando que a apresentação de forma repetida da mesma imagem ilusória não impactaria, por si só, de maneira significativa na magnitude da percepção ilusória (79).

Outro fator a se considerar é que todos os participantes estrábicos (tanto aqueles que tiveram sucesso no alinhamento ocular, quanto aqueles que não tiveram sucesso) foram apresentados ao mesmo número de imagens e responderam a um total de quatro sessões o que afasta a possibilidade da diferença encontrada no seguimento longitudinal ser somente devido à re-exposição à figura ilusória para o teste de Ponzo. Ademais, o efeito encontrado não se manifestou em figuras não ilusórias.

No entanto, observamos que ao considerar a influência dos fatores Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal e Sucesso Cirúrgico separadamente, não houve diferença significativa sobre a percepção ilusória de Ponzo. Tal achado nos fez questionar se não haveria um fator de ajuste que pudesse estar influenciando na magnitude ilusória ao longo dos tempos de seguimento. Consideramos que, diante dos achados do estudo transversal, esse fator poderia ser a estereopsia. De fato é possível alcançar sucesso no alinhamento ocular e o mesmo não se refletir em melhoria da visão tridimensional ou binocularidade, ademais a presença de estereopsia prévia pode ser correlacionada a maior taxa de sucesso no alinhamento ocular, conforme reportamos em nosso trabalho.

Para testar nossa hipótese avaliamos cada Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal separadamente em associação a variável Estereopsia comparando os resultados alcançadas com a suscetibilidade encontrada nos pacientes do Grupo Controle. Observamos que, na análise bidirecional, a magnitude da percepção ilusória de Ponzo nos pacientes estrábicos com algum grau de estereopsia preservada diminuiu considerando-se os tempos de seguimentos pré e pós-operatório 3, ao passo que nos estrábicos sem estereopsia a mesma aumentou. Já na análise unidirecional, a suscetibilidade em indivíduos com estereopsia preservada foi sempre menor em comparação aos pacientes estrábicos sem estereopsia preservada em todos os tempos de seguimento e se assemelha a indivíduos do Grupo Controle, sendo a diferença significativa, nos tempos pré-operatório e pós-operatório 2. Concluimos então que, apesar de não ter sido evidenciada uma mudança na suscetibilidade a ilusão de Ponzo em decorrência do sucesso do alinhamento ocular pós-cirúrgico, a magnitude ilusória esteve diretamente correlacionada a presença de algum grau de estereopsia. Reforçamos que tal achado deve ser interpretado com cautela diante da perda amostral no seguimento longitudinal o que constitui uma limitação em nosso estudo.

O mesmo não foi evidenciado para os Testes de Brentano e Vertical-Horizontal, observando-se não haver diferença significativa mantida entre os Tempos de Seguimento ao avaliar-se as variáveis sucesso e Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal. Para esses testes observamos que a resposta dos indivíduos

estrábicos é similar a dos pacientes do Grupo Controle na análise Unidirecional de ANOVA para cada Tempo de Seguimento Clínico individualmente.

Quanto ao tempo de resposta às imagens apresentadas para o teste de Ponzo, demonstramos que os pacientes que alcançaram alinhamento ocular satisfatório com a cirurgia foram significativamente mais rápidos, na avaliação de imagens ilusórias, em comparação aos pacientes onde não se obteve sucesso cirúrgico. O efeito de habituação e conhecimento prévio pode ter alguma influência nessa resposta, visto que o mesmo também pode ser observado em imagens neutras. Sobre outra perspectiva, na avaliação univariada da influência da Estereopsia o paciente estrábico com estereopsia preservada apresentou-se com média de tempo mais rápida do que o próprio paciente do Grupo Controle o que poderia ser explicado também por um efeito de aprendizado. Todavia, de acordo com os resultados alcançados, esses não devem ser os únicos responsáveis pelo aperfeiçoamento e conseqüente diminuição do tempo de resposta. Isso porque, para os pacientes em que o estrabismo não conseguiu ser totalmente corrigido o tempo de resposta se manteve inalterado ou aumentou no intercurso do seguimento clínico longitudinal. Os resultados encontrados quanto ao tempo de resposta para o teste de Ponzo podem também ser justificados pelas melhorias em relação a velocidade e acurácia dos movimentos oculares no pós-operatório da correção de estrabismo reportados em pesquisas anteriores (27)(29)(114).

Entretanto, para os testes de Brentano e Vertical-Horizontal a diminuição do tempo de resposta demonstrada em diversas imagens neutras e ilusórias não esteve associada à presença de sucesso cirúrgico, mas sim ao Tempo de Seguimento Clínico Longitudinal o que reforça a possibilidade da associação significativa encontrada ser decorrente de efeito aprendizado.

Em conclusão, apesar de não ter sido demonstrada uma modificação significativa na suscetibilidade ilusória em decorrência do alinhamento ocular pós-cirúrgico em nosso estudo, ressaltamos que pesquisas futuras envolvendo um número amostral maior de pacientes, com seguimento clínico com menores perdas amostrais e associação de análise para diversas faixas etárias, podem contribuir para o melhor entendimento das alterações pós-operatórias na percepção visual ilusória. Os achados aqui reportados somam-se aos já descritos quanto às

mudanças funcionais para pacientes submetidos à correção de estrabismo, tais como: melhoria na amplitude dos movimentos oscilatórios monoculares e identificação dos objetos (101), impacto na diminuição da disconjugação nos movimento oculares e melhoria na velocidade sacádica (31), ganho na amplitude vergencial e incremento da movimentação ocular para o alvo de fixação (27), melhoria no controle postural (28), incremento na velocidade de leitura (29) e na estereopsia (117)(118) quando se obtêm melhora do alinhamento ocular. Tais achados podem estar associados a modificações morfológicas em nível central no pós-operatório (115)(116) da cirurgia de estrabismo, abrindo possibilidades para diversas pesquisas na área de ilusões visuais que investiguem as melhorias no alinhamento ocular pós-cirúrgico e suas possíveis consequências em nível central nesses indivíduos.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados alcançados concluímos que:

Na análise transversal, os pacientes estrábicos apresentaram maior suscetibilidade e tempo de resposta às imagens ilusórias de Ponzo. Porém, estrábicos com estereopsia preservada obtiveram resposta similar (quanto à suscetibilidade e tempo de resposta) aos voluntários do Grupo Controle. Esses achados reforçam a importância da presença de estereopsia para compreensão de imagens de exigem contexto interpretativo tridimensional. A ambliopia também foi fator relevante com maior taxa de erro no ajuste de imagens não ilusórias de Ponzo. Quanto ao teste de Brentano, indivíduos estrábicos com desvio vertical associado a desvio horizontal apresentaram maior imprecisão na definição do tamanho de imagens neutras de ajuste vertical com maior taxa de erro na mensuração dessas imagens.

Na avaliação longitudinal observou-se que após correção do alinhamento ocular houve diminuição da suscetibilidade ilusória e do tempo de resposta no seguimento clínico longitudinal do teste de Ponzo para os estrábicos que obtiveram melhora ou manutenção da visão tridimensional (Estereopsia). A resposta pós-operatória desses pacientes assemelhou-se de forma significativa ao Grupo Controle. O sucesso cirúrgico também esteve associado a um menor tempo de resposta para avaliação das imagens de Ponzo no geral o que pode estar relacionado às melhorias já documentadas na movimentação ocular dos pacientes estrábicos após a realização da cirurgia de alinhamento ocular.

Em conclusão, pela primeira vez para fins do nosso conhecimento, demonstrou-se que sujeitos estrábicos apresentam alterações na percepção ilusória geométrica e de figuras neutras (não ilusórias), de forma mais significativa para o teste de Ponzo. Demonstramos também que a suscetibilidade e tempo de resposta a ilusão de Ponzo correlacionou-se diretamente com a visão tridimensional, atributo visual muito afetado em indivíduos estrábicos. Assim, destacamos a originalidade do estudo em questão.

Neste sentido, o estudo das ilusões visuais inclui uma nova perspectiva na avaliação oftalmológica funcional no estrabismo. Devido à extensa gama de imagens ilusórias descritas na literatura que abarcam diversos aspectos da percepção visual (processamento de movimento, contraste, imagens impossíveis, entre outras), a avaliação de ilusões visuais pode ser muito útil em portadores de estrabismo. As alterações perceptuais ilusórias podem refletir indiretamente as mudanças complexas na organização do Sistema Nervoso Central e auxiliar na compreensão das dificuldades apresentadas pelos pacientes em relação a sua interação com o ambiente, incluindo aspectos fundamentais das vivências diárias, como o reconhecimento dos objetos e leitura.

A possibilidade de modificações no contexto de fundo onde as imagens ilusórias estejam inseridas também pode trazer uma abordagem interessante para a análise, além da avaliação em diferentes faixas etárias e portanto diversos graus de maturação do Sistema Nervoso Central, o que poderia auxiliar no melhor entendimento do processo de plasticidade neuronal.

Em uma perspectiva morfo-funcional, pesquisas futuras envolvendo o uso da RNMf, EEG e técnicas de quantificação e qualificação da movimentação ocular, como por exemplo o *Eye-Tracking*, em conjunto com a análise comportamental da percepção visual ilusória poderiam trazer grandes avanços no sentido de esclarecer a organização das representações neurais dos estímulos visuais (136) e das bases neurológicas no estrabismo (105). A avaliação da atividade cerebral com auxílio de EEG e RNMf em associação com a metodologia de testes comportamentais às ilusões visuais podem trazer novas perspectivas para a compreensão das alterações morfológicas e da dinâmica cerebral nesses pacientes.

Assim, o estudo de ilusões visuais pode auxiliar a consolidar conhecimentos sobre os aspectos da percepção visual como um todo, trazendo novas possibilidades de compreensão da fisiologia neural em pesquisa básica com consequentes aplicações para a pesquisa clínica quanto ao diagnóstico funcional visual e condução clínico-cirúrgica dos pacientes portadores de estrabismo.

7 REFERÊNCIAS

1. Eagleman DM. Visual illusions and neurobiology. *Nat Rev Neurosci.* 2001;2(December):920–6.
2. Tabei KI, Satoh M, Kida H, Kizaki M, Sakuma H, Sakuma H, et al. Involvement of the extrageniculate system in the perception of optical illusions: A functional magnetic resonance imaging study. *PLoS One.* 2015;10(6):1–15.
3. Gori S, Molteni M, Facoetti A. Visual illusions: An interesting tool to investigate developmental dyslexia and autism spectrum disorder. *Front Hum Neurosci.* 2016;10(APR2016):1–19.
4. Suganuma E. Percepção Da Ilusão De Müller-Lyer Em Percepção Da Ilusão De Müller-Lyer Em. 2006;
5. Hamburger K. Visual Illusions Based on Processes: New Classification System Needed. *Perception.* 2016;45(5):588–95.
6. Bach Michel PCM. Optical illusions [46]. *Adv Clin neuroscience Rehabil.* 2006;6(2):20–1.
7. Axelrod V, Schwarzkopf DS, Gilaie-Dotan S, Rees G. Perceptual similarity and the neural correlates of geometrical illusions in human brain structure. *Sci Rep [Internet].* 2017;7(November 2016):1–16. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/srep39968>
8. Ninio J. Geometrical illusions are not always where you think they are: A review of some classical and less classical illusions, and ways to describe them. *Front Hum Neurosci.* 2014;8(October):1–21.
9. Ehrenstein WH, Spillmann L, Sarris V. Gestalt Issues in Modern Neuroscience. *Axiomathes [Internet].* 2003;13(3):433–58. Available from: <https://doi.org/10.1023/B:AXIO.0000007203.44686.aa>
10. Mohan A, Bhamoo N, Riquelme JS, Long S, Norena A, Vanneste S. Investigating functional changes in the brain to intermittently induced auditory

- illusions and its relevance to chronic tinnitus. *Hum Brain Mapp.* 2020;(October 2019):1–14.
11. Brainerd CJ, Reyna VF. Complementarity in False Memory Illusions. *J Exp Psychol Gen.* 2017;147(3):305–27.
 12. Williams CR, Cook AE, O'Brien EJ. Validating semantic illusions: Competition between context and general world knowledge. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 2018;44(9):1414–29.
 13. Orban GA. *La Vision, Mission du Cerveau, Les Trois Révolutions Des Neurosciences.* Fayard (21 mars 2007), editor. Français: 2007; 2007. 88 p.
 14. Westheimer G. Illusions in the spatial sense of the eye: Geometrical-optical illusions and the neural representation of space. *Vision Res.* 2008;48(20):2128–42.
 15. Coubard OA, Urbanski M, Bourlon C, Gaumet M. Educating the blind brain: A panorama of neural bases of vision and of training programs in organic neurovisual deficits. *Front Integr Neurosci.* 2014;8(DEC):1–13.
 16. Otero-Millan J, Macknik SL, Martinez-Conde S. Fixational eye movements and binocular vision. *Front Integr Neurosci.* 2014;8(JUL):1–10.
 17. Bui Quoc E, Milleret C. Origins of strabismus and loss of binocular vision. *Front Integr Neurosci.* 2014;8(SEP):1–19.
 18. Milleret C, Bui Quoc E. Beyond rehabilitation of acuity, ocular alignment, and binocularity in infantile strabismus. *Front Syst Neurosci.* 2018;12(July).
 19. Shimauti AT, de Toledo Pesci L, de Sousa RLF, Padovani CR, Schellini SA. Estrabismo: Detecção em uma amostra populacional e fatores demográficos associados. *Arq Bras Oftalmol.* 2012;75(2):92–6.
 20. Donahue SP. Pediatric strabismus. *N Engl J Med.* 2007;356(10):1040–7.
 21. Donnelly UM, Stewart NM, Hollinger M. Prevalence and outcomes of childhood visual disorders. *Ophthalmic Epidemiol.* 2005;12(4):243–50.

22. Hamm LM, Black J, Dai S, Thompson B. Global processing in amblyopia: A review. *Front Psychol.* 2014;5(JUN):1–21.
23. Webber AL, Wood J. Amblyopia: Prevalence, natural history, functional effects and treatment. *Clin Exp Optom.* 2005;88(6):365–75.
24. Hou C, Pettet MW, Norcia AM. Acuity-independent effects of visual deprivation on human visual cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2014;111(30).
25. Ghasia FF, Otero-Millan J, Shaikh AG. Abnormal fixational eye movements in strabismus. *Br J Ophthalmol.* 2018;102(2):253–9.
26. Kanonidou E, Gottlob I, Proudlock FA. The effect of font size on reading performance in strabismic amblyopia: An eye movement investigation. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2013;55(1):451–9.
27. Bucci MP, Brémond-Gignac D, Kapoula Z. Speed and accuracy of saccades, vergence and combined eye movements in subjects with strabismus before and after eye surgery. *Vision Res [Internet].* 2009;49(4):460–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2008.12.006>
28. Bucci MP, Soufi H, Villeneuve P, Colleville L, Bui-Quoc E, Lions C. Importance of proprioceptive information for postural control in children with strabismus before and after strabismus surgery. *Front Syst Neurosci.* 2016;10(SEP):1–8.
29. Ridha F, Sarac S, Erzurum SA. Effect of strabismus surgery on the reading ability of school-age children. *Clin Pediatr (Phila).* 2014;53(10):937–42.
30. Gaertner C, Creux C, Espinasse-Berrod MA, Orssaud C, Dufier JL, Kapoula Z. Postural control in nonamblyopic children with early-onset strabismus. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54(1):529–36.
31. Bucci MP, Kapoula Z, Yang Q, Roussat B, Brémond-Gignac D. Binocular coordination of saccades in children with strabismus before and after surgery. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2002;43(4):1040–7.
32. Walton MMG, Pallus A, Fleuriet J, Mustari MJ, Tarczy-Hornoch K. Neural mechanisms of oculomotor abnormalities in the infantile strabismus

- syndrome. *J Neurophysiol*. 2017;118(1):280–99.
33. Parr T, Friston KJ. The active construction of the visual world. *Neuropsychologia* [Internet]. 2017;104:92–101. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.08.003>
 34. Vancleef K, Acke E, Torfs K, Demeyere N, Lafosse C, Humphreys G, et al. Reliability and validity of the Leuven Perceptual Organization Screening Test (L-POST). *J Neuropsychol*. 2015;9(2):271–98.
 35. Torfs K, Vancleef K, Lafosse C, Wagemans J, de-Wit L. The Leuven Perceptual Organization Screening Test (L-POST), an online test to assess mid-level visual perception. *Behav Res Methods*. 2014;46(2):472–87.
 36. Fischer B, Da Pos O, Stürzel F. Illusory illusions: The significance of fixation on the perception of geometrical illusions. *Perception*. 2003;32(8):1001–8.
 37. Kowler E. Eye movements: The past 25 years. *Vision Res* [Internet]. 2011;51(13):1457–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2010.12.014>
 38. Martinez-Conde S, Otero-Millan J, Macknik SL. The impact of microsaccades on vision: Towards a unified theory of saccadic function. *Nat Rev Neurosci* [Internet]. 2013;14(2):83–96. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nrn3405>
 39. Hikosaka O, Takikawa Y, Kawagoe R. Role of the basal ganglia in the control of purposive saccadic eye movements. *Physiol Rev*. 2000;80(3):953–78.
 40. Stewart S. Structure and function of the human cerebral cortex. *Curr Biol*. 2015;17(12):443–9.
 41. Snodderly DM. A physiological perspective on fixational eye movements. *Vision Res* [Internet]. 2016;118:31–47. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2014.12.006>
 42. Kastner S, Pinsk MA, Weerd P De, Desimone R, Ungerleider LG. Increased Activity in Human Visual Cortex during Directed Attention in the Absence of

- Visual Stimulation. *Neuron*. 1999;22:751–61.
43. Op De Beeck HP, Torfs K, Wagemans J. Perceived shape similarity among unfamiliar objects and the organization of the human object vision pathway. *J Neurosci*. 2008;28(40):10111–23.
 44. Tootell RBH, Hadjikhani NK, Mendola JD, Marrett S, Dale AM. From retinotopy to recognition: fMRI in human visual cortex. *Trends Cogn Sci*. 1998;2(5):174–83.
 45. Miller DM. *The Wisdom of the Eye*. First. Academic Press, editor. *The Wisdom of the Eye*. San Diego, California 92101-4495, USA: A Harcourt Science and Technology Company; 2000. 103–134 p.
 46. Wandell BA, Brewer AA, Dougherty RF. Visual field map clusters in human cortex. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2005;360(1456):693–707.
 47. Liu Q, Wu Y, Yang Q, Campos JL, Zhang Q, Sun HJ. Neural correlates of size illusions: An event-related potential study. *Neuroreport*. 2009;20(8):809–14.
 48. Kauffmann L, Ramanoël S, Peyrin C. The neural bases of spatial frequency processing during scene perception. *Front Integr Neurosci*. 2014;8(MAY).
 49. Spillmann L. Phenomenology and neurophysiological correlations: Two approaches to perception research. *Vision Res [Internet]*. 2009;49(12):1507–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2009.02.022>
 50. Orban GA, Dupont P, De Bruyn B, Vogels R, Vandenberghe R, Mortelmans L. A motion area in human visual cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1995;92(4):993–7.
 51. Dandle S, Onkar HDA. Retinal Ganglion cell maps in the brain: implications for visual processing. *Curr Opin Neurobiol*. 2014;24(1):133–42.
 52. Krolak-Salmon P, Hénaff M-A, Vighetto A, Bertrand O, Mauguière F. Early Amygdala Reaction to Fear Spreading in Occipital, Temporal, and Frontal Cortex. *Neuron*. 2004;42(4):665–76.

53. Trachtman JN. Vision and the hypothalamus. *Optometry* [Internet]. 2010;81(2):100–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.optm.2009.07.016>
54. Grossman E, Donnelly M, Price R, Pickens D, Morgan V, Neighbor G, et al. Brain areas involved in perception of biological motion. *J Cogn Neurosci*. 2000;12(5):711–20.
55. Sawamura H, Gillebert CR, Todd JT, Orban GA. Binocular stereo acuity affects monocular three-dimensional shape perception in patients with strabismus. *Br J Ophthalmol*. 2018;102(10):1413–8.
56. Gregory R. Perception, 1996, volume 25, pages 503-504. *Perception*. 1996;25:503–4.
57. Aulete C. Aulete digital o dicionário da língua portuguesa. [Internet]. Lexikon Editora Digital Ltda. [cited 2020 May 18]. Available from: <http://www.aulete.com.br/ilusão>
58. Suganuma E, Pessoa VF, Monge-Fuentes V, Castro BM, Tavares MCH. Perception of the Müller-Lyer illusion in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Behav Brain Res*. 2007;182(1):67–72.
59. Tootell RBH, Reppas JB, Dale AM, Look RB, Sereno MI, Malach R, et al. Visual motion aftereffect in human cortical area MT revealed by functional magnetic resonance imaging. *Nature*. 1995;375(6527):139–41.
60. Wade NJ. How Were Eye Movements Recorded Before Yarbus? *Perception*. 2015;44(8–9):851–83.
61. Cretenoud AF, Karimpur H, Grzeczowski L, Francis G, Hamburger K, Herzog MH. Factors underlying visual illusions are illusion-specific but not feature-specific. *J Vis*. 2019;19(14):1–21.
62. Murray SO, Boyaci H, Kersten D. The representation of perceived angular size in human primary visual cortex. *Nat Neurosci*. 2006;9(3):429–34.
63. Ramsden BM, Hung CP, Roe AW. Real and illusory contour processing in

- area V1 of the primate: A cortical balancing act. *Cereb Cortex*. 2001;11(7):648–65.
64. Weidner R, Fink GR. The neural mechanisms underlying the Müller-Lyer illusion and its interaction with visuospatial judgments. *Cereb Cortex*. 2007;17(4):878–84.
 65. Yildiz GY, Sperandio I, Kettle C, Chouinard PA. The conceptual understanding of depth rather than the low-level processing of spatial frequencies drives the corridor illusion. *Vision Res* [Internet]. 2021;181(September 2020):21–31. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.visres.2020.11.012>
 66. Papert S. Centrally produced geometrical illusions. Vol. 191, *Nature*. 1961. p. 733.
 67. Julesz B. *Foundations of cyclopean perception*. Chicago, IL: Chicago University Press; 1971.
 68. Charras P, Lupiáñez J. Length perception of horizontal and vertical bisected lines. *Psychol Res*. 2010;74(2):196–206.
 69. Bruno N, Bernardis P, Gentilucci M. Visually guided pointing, the Müller-Lyer illusion, and the functional interpretation of the dorsal-ventral split: Conclusions from 33 independent studies. *Neurosci Biobehav Rev*. 2008;32(3):423–37.
 70. Zhang S, Du X, Wu X, Wei D, Zhang M, Qiu J. Spatiotemporal cortical activation underlies the Müller-Lyer illusion: An event-related potentials study. *Neuroreport*. 2013;24(17):956–61.
 71. He D, Mo C, Wang Y, Fang F. Position shifts of fMRI-based population receptive fields in human visual cortex induced by Ponzo illusion. *Exp Brain Res*. 2015;233(12):3535–41.
 72. Yamagami A. The effect of frame figure type and frame size on the line and the circle Ponzo illusions. *Jpn Psychol Res*. 2007;49(1):20–32.

73. Shepard RN. *Mind sights: Original visual illusions, ambiguities, and other anomalies*. WH Freeman and Company, editor. New York; 1990.
74. Pylyshyn Z. Is vision continuous with cognition? The case for cognitive impenetrability of visual perception. *Behav Brain Sci*. 1999;22:341–423.
75. Delboeuf MJ. Note sur certaines illusions d'optique; essai d'une théorie psychophysique de la manière dont l'oeil apprécie les distances et les angles. *Bull l'Académie R des Sci des Lettres des B-art Belgique*. 1865;19:195–216.
76. Brosvic GM, Dihoff RE, Fama J. Age-related susceptibility to the Müleer-Lyer and the Horizontal-Vertical illusions. *Percept Mot Skills*. 2002;94(1):229–34.
77. Wagner DA. Ontogeny of the Ponzo illusion: Effects of age, schooling, and environment. *Int J Psychol*. 1977;12(3):161–76.
78. Cretenoud AF, Grzeczowski L, Bertamini M, Herzog MH. Individual differences in the Muller-Lyer and Ponzo illusions are stable across different contexts. *J Vis*. 2020;20(6):1–14.
79. Schwarzkopf DS, Song C, Rees G. The surface area of human V1 predicts the subjective experience of object size. *Nat Neurosci* [Internet]. 2011;14(1):28–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nn.2706>
80. Senkowski D, Röttger S, Grimm S, Foxe JJ, Herrmann CS. Kanizsa subjective figures capture visual spatial attention: Evidence from electrophysiological and behavioral data. *Neuropsychologia*. 2005;43(6):872–86.
81. Leibowitz H, Brislin R, Perlmutter L, Hennessy R. Ponzo perspective illusion as a manifestation of space perception. *Science* (80-). 1969;166(3909):1174–6.
82. Plato. *Plato in Twelve Volumes* [Internet]. Perseus Digital Library Project. Cambridge, MA, Harvard University Press; London, William Heinemann Ltd.; 1966. Phaedo 73a. Available from: <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Plat.+Phaedo+73a&fromdoc=Perseus:text:1999.01.0170>

83. McCarley JS, Grant C. State-trace analysis of the effects of a visual illusion on saccade amplitudes and perceptual judgments. *Psychon Bull Rev.* 2008;15(5):1008–14.
84. Kantrowitz JT, Butler PD, Schechter I, Silipo G, Javitt DC. Seeing the world dimly: The impact of early visual deficits on visual experience in schizophrenia. *Schizophr Bull.* 2009;35(6):1085–94.
85. Colder B. Emulation as an integrating principle for cognition. *Front Hum Neurosci.* 2011;5(MAY):2.
86. Newton I. *Opticks: or a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light.* Walford sam S and B, editor. Royal Society. London; 1704.
87. Tsoucalas G, Papaioannou T, Karamanou M. Michael Constantine Psellus (1020–1105 AD) and his definition of strabismus. *Strabismus* [Internet]. 2018;26(3):155–7. Available from: <https://doi.org/10.1080/09273972.2018.1467470>
88. Rohr JTD, Isaac CR, Correia C dos S. Epidemiology of strabismus surgery in a public hospital of the Brazilian Federal District. *Rev Bras Oftalmol.* 2017;76(5):250–4.
89. Hertle RW. A classification of eye movement abnormalities and Strabismus (CEMAS) [Internet]. *researchgate.net.* 2001. p. 1–56. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Richard_Hertle/publication/242497706_A_Classification_of_Eye_Movement_Abnormalities_and_Strabismus_CEMAS/links/573ef20d08ae9f741b320f5e.pdf
90. Tychsen L. Can ophthalmologists repair the brain in infantile esotropia? Early surgery, stereopsis, monofixation syndrome, and the legacy of Marshall Parks. *J AAPOS.* 2005;9(6):510–21.
91. Scholl B, Tan AYY, Priebe NJ. Strabismus disrupts binocular synaptic integration in primary visual cortex. *J Neurosci.* 2013;33(43):17108–22.
92. Pineles SL, Demer JL, Isenberg SJ, Birch EE, Velez FG. Improvement in

- binocular summation after strabismus surgery. *JAMA Ophthalmol.* 2015;133(3):326–32.
93. Mendola JD, Lam J, Rosenstein M, Lewis LB, Shmuel A. Partial correlation analysis reveals abnormal retinotopically organized functional connectivity of visual areas in amblyopia. *NeuroImage Clin* [Internet]. 2018;18(December 2017):192–201. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.01.022>
 94. Huang J, Zhou Y, Liu C, Liu Z, Luan C, Tzvetanov T. The neural basis of spatial vision losses in the dysfunctional visual system. *Sci Rep* [Internet]. 2017;7(1):1–18. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-11364-0>
 95. Hou C, Good W V., Norcia AM. Validation study of VEP vernier acuity in normal-vision and amblyopic adults. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48(9):4070–8.
 96. Walton MMG, Ono S, Mustari M. Vertical and oblique saccade disconjugacy in strabismus. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(1):275–90.
 97. Niechwiej-Szwedo E, Goltz HC, Colpa L, Chandrakumar M, Wong AMF. Effects of reduced acuity and stereo acuity on saccades and reaching movements in adults with amblyopia and strabismus. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2017;58(2):914–21.
 98. Tan G, Dan ZR, Zhang Y, Huang X, Zhong YL, Ye LH, et al. Altered brain network centrality in patients with adult comitant exotropia strabismus: A resting-state fMRI study. *J Int Med Res.* 2018;46(1):392–402.
 99. Ouyang J, Yang L, Huang X, Zhong YL, Hu PH, Zhang Y, et al. The atrophy of white and gray matter volume in patients with comitant strabismus: Evidence from a voxel-based morphometry study. *Mol Med Rep.* 2017;16(3):3276–82.
 100. Xiao JX, Xie S, Ye JT, Liu HH, Gan XL, Gong GL, et al. Detection of Abnormal Visual Cortex in Children With Amblyopia by Voxel-Based Morphometry. *Am J Ophthalmol.* 2007;143(3):489–93.

101. Norcia AM, Hamer RD, Jampolsky A, Orel-Bixler D. Plasticity of human motion processing mechanisms following surgery for infantile esotropia. *Vision Res.* 1995;35(23–24):3279–96.
102. Hubel DH, Wiesel T. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Most.* 1962;106–54.
103. Hubel, D. H. & Wiesel TN. Ferrier Lecture: Functional architecture of macaque monkey visual cortex. *Proc R Soc B Biol Sci [Internet]*. 1977;198(1130):1–59. Available from: [sci-hub.tw/10.1098/rspb.1977.0085](https://doi.org/10.1098/rspb.1977.0085)
104. Chan ST, Tang KW, Lam KC, Chan LK, Mendola JD, Kwong KK. Neuroanatomy of adult strabismus: A voxel-based morphometric analysis of magnetic resonance structural scans. *Neuroimage.* 2004;22(2):986–94.
105. Yang X, Zhang J, Lang L, Gong Q, Liu L. Assessment of cortical dysfunction in infantile esotropia using fMRI. *Eur J Ophthalmol.* 2014;24(3):409–16.
106. Li Q, Bai J, Zhang J, Gong Q, Liu L. Assessment of cortical dysfunction in patients with intermittent exotropia: An fMRI study. *PLoS One.* 2016;11(8):1–10.
107. Shi H, Wang Y, Liu X, Xia L, Chen Y, Lu Q, et al. Cortical Alterations by the Abnormal Visual Experience beyond the Critical Period: A Resting-state fMRI Study on Constant Exotropia. *Curr Eye Res [Internet]*. 2019;44(12):1386–92. Available from: <https://doi.org/10.1080/02713683.2019.1639767>
108. Yin X, Chen L, Ma M, Zhang H, Gao M, Wu X, et al. Altered Brain Structure and Spontaneous Functional Activity in Children With Concomitant Strabismus. *Front Hum Neurosci.* 2021;15(November):1–7.
109. Ribeiro G de B, Bach AG Zum, Faria CM, Anastásia S, de Almeida HC. Quality of life of patients with strabismus. *Arq Bras Oftalmol.* 2014;77(2):110–3.
110. Tu C, Ye L, Jiang L, Wang Y, Li Y. Impact of strabismus on the quality of life of Chinese Han teenagers. *Patient Prefer Adherence.* 2016;10:1021–4.
111. Xu M, Yu H, Chen Y, Xu J, Zheng J, Yu X. Long-term quality of life in adult

- patients with strabismus after corrective surgery compared to the general population. *PLoS One*. 2016;11(11):1–12.
112. Schuster AK, Elflein HM, Pokora R, Schlaud M, Baumgarten F, Urschitz MS. Health-related quality of life and mental health in children and adolescents with strabismus - Results of the representative population-based survey KiGGS. *Health Qual Life Outcomes*. 2019;17(1):1–8.
 113. Pullela M, Degler BA, Coats DK, Das VE. Longitudinal evaluation of eye misalignment and eye movements following surgical correction of strabismus in monkeys. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57(14):6040–7.
 114. Mihara M, Hayashi A, Fujita K, Kakeue K, Tamura R. Horizontal Saccadic Velocity in Patients with Exotropia before and after Unilateral Resection and Recession Surgery. *J Ophthalmol*. 2019;2019.
 115. Pullela M, Aġaoġlu MN, Joshi AC, Agaoglu S, Coats DK, Das VE. Neural plasticity following surgical correction of strabismus in monkeys. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59(12):5011–21.
 116. Guo Y, Fu J, Hong J, Liu Z, He X. Functional changes in the visual cortex in preoperative and postoperative patients with intermittent exotropia: Study protocol for a non-randomised case-control clinical trial. *BMJ Open*. 2022;12(2):1–10.
 117. Lal G, Holmes JM. Postoperative stereoacuity following realignment for chronic acquired strabismus in adults. *J AAPOS*. 2002;6(4):233–7.
 118. Fawcett SL, Stager DR, Felius J. Factors influencing stereoacuity outcomes in adults with acquired strabismus. *Am J Ophthalmol*. 2004;138(6):931–5.
 119. Cretenoud AF, Grzeczowski L, Kunchulia M, Herzog MH. Individual differences in the perception of visual illusions are stable across eyes, time, and measurement methods. *J Vis*. 2021;21(1):1–20.
 120. Grzeczowski L, Clarke AM, Francis G, Mast FW, Herzog MH. About individual differences in vision. *Vision Res [Internet]*. 2017;141:282–92.

Available from: <https://doi.org/10.1016/j.visres.2016.10.006>

121. Beagley WK. EYE LINES: A tool for studying visual perception of size and angle. *Behav Res Methods, Instruments, Comput.* 1991;23(2):183–6.
122. Beagley WK. Eye Lines: Generating data through image manipulation, issues in interface design, and the teaching of experimental thinking. *Behav Res Methods, Instruments, Comput.* 1993;25(2):333–6.
123. H. W-A, I. N, E.L.M. T, Y.C. K, I. S. Visual outcome and factors influencing surgical outcome of horizontal strabismus surgery in a teaching hospital in Malaysia: A 5-year experience. *Taiwan J Ophthalmol* [Internet]. 2020;10:278–83. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7787087/pdf/TJO-10-278.pdf>
124. Arakaki MR, Schellini SA, Heimbeck FJ, Furuya MT, Padovani CR. Adesão ao tratamento da ambliopia. *Arq Bras Oftalmol.* 2004;67(2):201–5.
125. Rohr JTD. Epidemiology of strabismus surgery in a public hospital of the Brazilian Federal District. *Rev Bras Oftalmol.* 2017;76(5):250–4.
126. Agaje BG, Delelegne D, Abera E, Desta K, Girum M, Mossie M, et al. Strabismus prevalence and associated factors among pediatric patients in southern Ethiopia: a cross-sectional study. *J Int Med Res.* 2020;48(10).
127. Hashemi H, Pakzad R, Heydarian S, Yekta A, Aghamirsalim M, Shokrollahzadeh F, et al. Global and regional prevalence of strabismus: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Strabismus* [Internet]. 2019;27(2):54–65. Available from: <https://doi.org/10.1080/09273972.2019.1604773>
128. Gunton KB, Wasserman BN, DeBenedictis C. Strabismus. *Prim Care - Clin Off Pract.* 2015;42(3):393–407.
129. Poom L. Influences of orientation on the Ponzo, contrast, and Craik-O'Brien-Cornsweet illusions. *Attention, Perception, Psychophys.* 2020;82(4):1896–911.

130. Song C, Schwarzkopf DS, Rees G. Interocular induction of illusory size perception. *BMC Neurosci* [Internet]. 2011;12(1):27. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2202/12/27>
131. Grzeczkowski L, Roinishvili M, Chkonia E, Brand A, Mast FW, Herzog MH, et al. Is the perception of illusions abnormal in schizophrenia? *Psychiatry Res* [Internet]. 2018;270(October):929–39. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.10.063>
132. Costa ALL, Silva RC, Coelho-Cordeiro PH, da Silveira FS, Barros M, Caixeta FV, et al. The Perception of the Müller-Lyer Visual Illusion in Schizophrenics and Non-human Primates: A Translational Approach. *Front Behav Neurosci*. 2021;15(May):1–8.
133. Schmidt F, Haberkamp A. Temporal processing characteristics of the Ponzo illusion. *Psychol Res*. 2016;80(2):273–85.
134. de Grave DDJ, Franz VH, Gegenfurtner KR. The influence of the Brentano illusion on eye and hand movements. *J Vis*. 2006;6(7):727–38.
135. Coren S, Girgus JS. Illusion decrement in intersecting line figures. *Psychon Sci*. 1972;26(2):108–10.
136. Hogendoorn. From sensation to perception: Using multivariate classification of visual illusions to identify neural correlates of conscious awareness in space and time. *Perception*. 2015;44(1):71–8.

APÊNDICE 1 . TCLE



**Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ciências Fisiológicas
Laboratório de Neurociência e
Comportamento**



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Convidamos o seu filho(a) a participar do projeto de pesquisa “Percepção Visual Ilusória de Müller–Lyer em Pacientes Portadores de Estrabismo Cirúrgico”, trata-se de projeto de Doutorado, com duração de 4 anos, pela Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (UnB) que está sobre a responsabilidade da pesquisadora Juliana Tessari Dias Rohr.

O objetivo deste trabalho é avaliar como os pacientes portadores de desalinhamento dos olhos (estrabismo) enxergam a ilusão visual de Muller- Lyer (uma ilusão visual de tamanho) e se ocorrem mudanças na percepção desta ilusão após a cirurgia para alinhar os olhos.

A participação do seu filho será através de consulta oftalmológica antes e após a cirurgia de alinhamento dos olhos. Toda avaliação será realizada no Hospital Regional da Asa Norte em data agendada com um tempo estimado de 30 minutos, em duas visitas (uma visita antes da cirurgia e outra seis meses após a cirurgia, onde serão observadas: a visão, movimentação dos olhos, tamanho do desvio dos olhos, visão tridimensional (3D), grau de óculos, fundo do olho (que avalia a retina) e o teste da ilusão de Muller-Lyer.

O teste da ilusão de Muller- Lyer será apresentado como um jogo de computador onde será pedido que se avalie o tamanho de retas paralelas em formato de setas em diferentes posições.

Os riscos dessa pesquisa são que ao realizar a avaliação seu filho (a) pode sentir: cansaço, irritabilidade, ansiedade e frustração, mas ele (a) pode interromper o teste em qualquer momento, sem prejuízo ao seu acompanhamento. Para amenizar os riscos a avaliação será realizada em um local privado com boa iluminação e respeitando o tempo e vontade do seu filho (a). É importante saber que o teste da Ilusão de Muller-Lyer não altera o tamanho do desvio dos olhos e não prejudica o resultado do procedimento cirúrgico indicado pelo médico.

A participação do seu filho (a) irá contribuir para o conhecimento científico inédito na avaliação da percepção ilusória em pacientes com o olho torto. Seu filho (a) pode se recusar a participar de qualquer procedimento (ou responder a qualquer questão) podendo desistir

de participar da pesquisa em qualquer momento sem sofrer nenhum prejuízo no seu acompanhamento. A participação é voluntária, isto é, não há pagamento pela colaboração de seu filho (a).

Todas as despesas que seu filho (a) tiver relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa ou exames para realização da pesquisa) serão cobertas pela pesquisadora responsável. Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente da participação do seu filho (a) na pesquisa, você deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Instituição da Universidade de Brasília (UnB) por meio de tese de doutorado e publicados em artigos científicos. Todos os materiais utilizados na pesquisa ficarão guardados com a pesquisadora **Juliana Tessari Dias Rohr**, por um prazo de 5 anos, após isso serão destruídos.

Você e seu filho (a) receberão todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e o nome dele (a) não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo das suas informações. Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para a pesquisadora responsável, Dra. Juliana Tessari Dias Rohr, na instituição Hospital de Base do Distrito Federal, telefone:3315-1567 ou celular (61) 99139-0860 (podendo ser feita ligação a cobrar) ou email – julianarohr@yahoo.com.br ou para orientadora da pesquisa Dra. Maria Clotilde Henriques Tavares, no Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília (UnB) telefone: 3107-2902 ou celular (61) 98105-8979 (podendo ser feitas ligação a cobrar).

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília e também pelo Comitê de ética da Fundação de Ensino e Pesquisa (CEP/FEPECS). O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidos pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepfs@unb.br ou cepfsunb@gmail.com, horário de atendimento de 10:00h às 12:00h e de 13:30h às 15:30h, de segunda a sexta-feira. O CEP/FS se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte. Suas dúvidas também podem ser esclarecidas no CEP/FEPECS no horário de 8:30hs às

11:30hs ou 14:30hs às 17:30hs, que se localiza na SMHN Quadra 03, conjunto A, Bloco 1 Edifício Fepecs, tel: (61)3325 4956, e-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com.

Caso concorde com a participação de seu filho (a), pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor (a).

Brasília, ____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) participante

Assinatura do(a) pesquisador(a)

APÊNDICE 2. TALE



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ciências Fisiológicas
Laboratório de Neurociência e Comportamento



TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TALE

(participantes de 10 a 15 anos)

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa.

Título do Projeto: “Percepção Visual Ilusória de Müller–Lyer em Pacientes Portadores de Estrabismo Cirúrgico”

Pesquisador(a) responsável: Juliana Tessari Dias Rohr

Local da Pesquisa: Hospital Regional da Asa Norte HRAN, Setor hospitalar Norte Quadra 1 - Asa Norte, Brasília - DF, 70710-100.

O que significa assentimento? Assentimento significa que você concorda em fazer parte de uma pesquisa com pessoas da sua idade. Seus direitos serão respeitados. Se você tiver alguma dúvida, por favor, pergunte a pesquisadora Juliana Tessari Dias Rohr.

Qual a importância da sua participação? Queremos estudar como os pacientes que tem estrabismo (olho torto) enxergam a ilusão visual de Muller-Lyer.

O que você vai fazer? Primeiro, vamos realizar seu exame de rotina do olho, com avaliação da visão, medidas do estrabismo e necessidade de óculos. Depois, você irá fazer um teste no computador para avaliar a percepção visual ilusória de Muller-Lyer. Se você quiser participar, irá fazer 2 consultas com duração de 30 minutos cada.

E se você não quiser participar? A sua participação é voluntária. Isso significa que você só participa se quiser. Não vai acontecer nada com você se você não quiser mais participar.

O que vamos fazer com os resultados das suas tarefas? Vamos estudar os seus resultados junto com os dos outros participantes da pesquisa. Os resultados de todos os participantes serão publicados quando o estudo acabar, mas ninguém vai saber seu nome nem quais são os seus resultados individuais.

A pesquisadora vai guardar seus resultados. Se você quiser saber seus resultados, pode pedi-los para a pesquisadora.

Com quem você pode falar se tiver dúvidas?

Laboratório de Neurociência e Comportamento da Universidade de Brasília

(61) 3201-2175

Juliana Tessari Dias Rohr (pesquisadora responsável)

(61) 3315-1567

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde
da UnB

(61)3107-1947 / email: cepfsunb@gmail.com

Comitê de Ética da FEPECS (CEP/FEPECS)

SMHN Quadra 03, conjunto A, Bloco 1 Edifício Fepecs, tel: (61)3325 4956.

e-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com.

Caso concorde pode assinar esse documento que está escrito em duas vias. Uma ficará com você e outra com a pesquisadora.

Brasília, ____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) participante

Assinatura do(a) pesquisador(a)

APÊNDICE 3. TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA FILMAGEM/ FOTOGRAFIA



**Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ciências Fisiológicas
Laboratório de Neurociência e
Comportamento**



TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA FILMAGEM/ FOTOGRAFIA

(participantes de 10 a 15 anos)

Eu, abaixo assinado, autorizo a Dra. Juliana Tessari Dias Rohr, médica, inscrita no CRM/DF nº 15915, cirurgiã oftalmológica, Membro da Sociedade Brasileira de Oftalmologia, a documentar o caso clínico do meu filho (a) através de fotografias e filmagem em vídeo.

Entendo que este documentário pode ser importante para finalidades de estudo, podendo, assim, ser utilizado em publicação médica ou para projeção em Congressos, sem que seja mencionado o nome do paciente.

Por tal razão, libero o material vídeo-fotográfico para ser utilizado em reproduções para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides, transparências) em favor do médico supracitado, sem quaisquer ônus para o referido profissional. Por conseguinte, autorizo, o profissional acima nominado, a fazer uso do material vídeo-fotográfico para as finalidades técnico-científicas referidas.

Caso concorde, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor (a).

Brasília, ____ de _____ de _____.

_____	_____
Assinatura do(a) participante	Assinatura do(a) pesquisador(a)
RG:.....	CPF.....
Testemunha 1	CPF ou RG.....
Testemunha 2	CPF ou RG.....

Case Report

Orbital Cellulitis and Sub-Tenon's Abscess Following Strabismus Surgery in a Healthy Child: The Challenge of Identifying the Source of Infection

Juliana Tessari Dias Rohr^{1,2*}, Cassiano Rodrigues Isaac³,
Rivadavio Fernandes Batista de Amorim⁴, Procópio Miguel dos Santos⁵, and Maria Clotilde Henriques Tavares²

¹Instituto Hospital de Base – IHB, Brazil

²Department of Neuroscience and Behavior, Institute of Biological Sciences, Universidade de Brasília – UnB, Brazil

³Hospital Regional da Asa Norte – HRAN, Brazil

⁴Department of Medicine, Universidade de Brasília – UnB, Brazil

⁵Department of Medicine, Unicuro University Center, Brazil

*Corresponding author

Juliana Tessari Dias Rohr, MD; Instituto Hospital de Base (IHB); SMHS - Área Especial, Q. 101, Asa Sul, Brasília – DF 70330-150; Tel: 55-61- 91390860; 55 (61)3315-1567; Email: jtdrohr@gmail.com; julianarohr@yahoo.com.br

Submitted: 09 June 2020

Accepted: 22 June 2020

Published: 24 June 2020

ISSN: 2333-6447

Copyright

© 2020 Dias Rohr JT, et al.

OPEN ACCESS

Keywords

- Orbital cellulitis
- Strabismus surgery
- Sub-Tenon's abscess
- Sinusitis
- Children

Abstract

Serious infection is uncommon following strabismus surgery. In this paper we report the case of a 6-year-old boy who developed severe unilateral orbital cellulitis with sub-Tenon's abscess and concomitant bilateral maxillary and ethmoidal sinusitis, which required hospitalization. Contrary to statistics, in this case sinusitis couldn't be implicated in causing ocular process. Importance should be given to detailed anamnesis, complementary exams and the involvement of a multidisciplinary team for the diagnosis of contamination by nonhygienic care how the probable source of infection.

INTRODUCTION

Orbital cellulitis is unusual after strabismus surgery, being distinguished from pre-septal cellulitis by the presence of infection in the tissues posterior to the orbital septum, restricted motility of eye, pain, proptosis, visual impairment, afferent pupillary defect and fever. In children, the presence of orbital cellulitis is a potentially fatal emergency that requires hospitalization and intravenous antibiotics treatment. Besides that, periodic ophthalmologic examination, cultures and imaging exams are also necessary for the best management of the disease [1,2].

CASE PRESENTATION

A healthy patient presented to Hospital XXX with basic exotropia of 40 prism diopters (PD), measured by an alternating prism cover test. Hyperfunction of the four oblique muscles and an "X" pattern deviation were detected on motility testing. The

ophthalmological examination revealed a 1.0 visual acuity in both eyes (performed with the Snellen Chart), cycloplegic retinoscopy of -0.25 and normal biomicroscopic and fundus evaluation. After follow-up and deviation measurements, surgery was indicated.

The surgery was performed under general anesthesia and consisted of an 11 mm bilateral lateral rectus recession. Preoperative asepsis was performed with Povidone-iodine 10% solution in the skin and Povidone-iodine 5% for both eyes and cul-de-sac. The right eye was operated on first, and the same surgical instruments and antiseptic solution were used for both eyes. Surgery was uneventful.

On the first postoperative day the child was orthophoric, had no complaints and presented subconjunctival hemorrhage as expected. Eye drops (Ciprofloxacin Hydrochloride and Dexamethasone; Maxiflox D®) were prescribed every 4 hours for seven days.

Cite this article: Dias Rohr JT, Isaac CR, de Amorim RFB, dos Santos PM, et al. (2020) Orbital Cellulitis and Sub-Tenon's Abscess Following Strabismus Surgery in a Healthy Child: The Challenge of Identifying the Source of Infection. *JSM Ophthalmol* 7(1): 1071.

On the third day after surgery, fever, lethargy, swelling, redness and pain in his right eye were reported. Immediate return to hospital was indicated, where right eyelid swelling, conjunctival edema, hyperemia, restricted ocular motility and visual acuity 0.3 in the right eye were observed (Figure 1). There was no afferent pupillary defect or modification on fundus exam.

Orbital contrast-enhanced computed tomography (CT), showed right soft tissue densification with extension to post septal fat and hypodense collection (volume of 0.3 ml). In addition, a moderate mucous thickening in the maxillary and ethmoidal sinuses was suggestive of sinusopathy. The extrinsic musculature was of usual appearance. There was no left eye involvement. Neutrophilia was detected [14,600 cells/ml]. Given the findings, the diagnosis of unilateral orbital cellulitis with acute sinus disease was presumed. The patient was hospitalized and received ampicillin-sulbactam IV, dexamethasone IV and local warm compresses.

Despite CT findings, the patient did not complain of nasal discharge or symptoms related to sinusitis. A nasal endoscopy showed moderate diffuse hyaline mucoid secretion, free sphenothmoidal recesses, lower and middle meatus, without mucosal edema. In conclusion, the examination eliminated the possibility of sinusitis.

A review of the patient's clinical history showed he was constantly holding a "security blanket" to help him sleep and that he also used it to clean his eyes, and the fact that this blanket was not cleaned properly during the two postoperative days raised the possibility of contamination by nonhygienic care.

On the third day of hospitalization, the patient showed signs of improved visual acuity (1.0 AO), but continued showing limited abduction of the right eye. A biomicroscopy revealed the presence of sub-Tenon's temporal abscess (Figure 2). We decided to perform abscess drainage under sedation and local anesthesia, with abundant yellowish sub-Tenon's discharge. The collection was anterior to the muscle fixation point and did not affect the lateral rectus.

After 7 days of venous antibiotic a significant improvement was noticed (visual acuity 1.0 and similar small abduction restriction AO). The causative organism, found by culture and antibiogram of drained secretion of the abscess, revealed *Staphylococcus aureus* beta lactamase positive resistant to Penicillin, Ampicillin and Tetracycline. Hence, the patient was discharged with a prescription for the oral antibiotic Amoxicillin and Clavulanic Acid (Clavulin BD), every 12 hours and Prednisone for 7 days.

Two months later the family was satisfied, and the patient was orthophoric, with normal ductions and visual acuity; however, he still had a mild hyperemia in the area of the abscess (Figure 3).

DISCUSSION

To the best of our knowledge, this is the first case report of unilateral orbital cellulitis and sub-Tenon's abscess with bilateral asymptomatic sinusitis, in which otolaryngologic findings were not implicated as the primary source of the ocular inflammatory process.



Figure 1 (A,B): D3 of postoperative strabismus surgery (D1 of Hospitalization).



Figure 2 (A,B): Sub-Tenon's temporal abscess (D3 of Hospitalization).



Figure 3 Follow up, 2 months after strabismus surgery.

Periocular infections after strabismus surgery are rare [3-5]. However, without a prompt diagnosis and appropriate treatment, the prognosis of orbital cellulitis can be very bleak, ranging from optic neuropathy and visual loss to blindness, intracranial abscesses, sepsis and death [4,6,7].

Orbital cellulitis usually occurs within the first 2-4

postoperative days [3,8]. Identification of the microorganisms involved is difficult due to the physiological microbiota of the area, previous use of antibiotics and multiple potentially causative agents [3,4,6,9-11].

The most implicated agents (*Staphylococcus aureus* and *Streptococcus epidermidis*) [3,4,6,9,10], are identified through minimally invasive techniques (such as an abscess culture) with a higher percentage of positive results than those obtained through blood culture [6,11].

Sinusitis, periocular trauma and history of ocular or periocular conditions are the main causes of orbital cellulitis [6,9]. In general, rhinosinusitis is associated with orbital cellulitis in 66-82% of the cases [7]. However, differential diagnosis is challenging [3,12], because it is well known that sinus mucosal thickening is commonly found incidentally in asymptomatic children and usually doesn't require treatment [3]. Moreover, in most cases the primary source of the infection cannot be determined, as several factors may be involved: intraoperative contamination, self-contamination as a result of bad hygiene, as well as a concomitant unsuspected sinus disease [9].

In the current case, three possible predisposing factors were detected: the presence of asymptomatic sinusitis, surgical trauma, and poor hygiene.

Unfortunately, a nasal swab was not performed which is a flaw in the case description. However, the report of innocent nasal endoscopy associated with frequent contact with a potentially contaminated object and uneventful surgery led us to believe that the primary source of infection was poor postoperative hygiene.

Such presentation alerted us to the need of approaching personal care in a different way. From this report we include in the postoperative guidelines specific care with personal objects (such as security blankets, cloth toys, plush toys, etc.).

Additionally, clinical history findings, associated with complementary nasal endoscopy, were helpful in the differential diagnosis of the possible primary source.

REFERENCES

1. Palamar M, Uretmen O, Kose S. Orbital cellulitis after strabismus surgery. *J AAPOS*. 2005; 9: 602-603.
2. Chaudhry IA, Shamsi FA, Elzaridi E, Al-Rashed W, Al-Amri A, Al-Anezi F, et al. Outcome of Treated Orbital Cellulitis in a Tertiary Eye Care Center in the Middle East. *Ophthalmology*. 2007; 114: 345-354.
3. Basheikh A, Superstein R. A child with bilateral orbital cellulitis one day after strabismus surgery. *J AAPOS* [Internet]. 2009; 13: 488-490.
4. Ing MR, Shortell J, Golez J. Extraocular and Intraocular Infections Following Strabismus Surgery: A Review. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2019; 56: 214-221.
5. House RJ, Rotruck JC, Enyedi LB, Wallace DK, Saleh E, Freedman SF. Postoperative infection following strabismus surgery: case series and increased incidence in a single referral center. *J AAPOS* [Internet]. 2019; 23: 26.e1-26.e7.
6. Tsirouki T, Dastiridou AI, F I, Flores N, Cerpa JC, Moschos MM, et al. Orbital cellulitis. *Surv Ophthalmol*. 2018; 63: 534-553.
7. Sciarretta V, Demattè M, Farneti P, Fornaciari M, Corsini I, Piccin O, et al. Management of orbital cellulitis and subperiosteal orbital abscess in pediatric patients: A ten-year review. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* [Internet]. 2017; 96: 72-76.
8. Hoyama E, Limawararut V, Leibovitch I, Pater J, Davis G, Selva D. Blinding orbital cellulitis: A complication of strabismus surgery. *Ophthalm Plast Reconstr Surg*. 2006; 22: 472-473.
9. Somsen D, Heidary G. Rapid onset of orbital cellulitis after uncomplicated strabismus surgery. *J AAPOS* [Internet]. 2019; 4-5.
10. Kothari M, Sukri N. Bilateral *Staphylococcus aureus* sub-Tenon's abscess following strabismus surgery in a child. *J AAPOS* [Internet]. 2010; 14: 193-195.
11. McKinley SH, Yen MT, Miller AM, Yen KG. Microbiology of Pediatric Orbital Cellulitis. *Am J Ophthalmol*. 2007; 144: 497-501.
12. Wong S, Levi J. Management of pediatric orbital cellulitis: A systematic review. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* [Internet]. 2018; 110: 123-129.

Cite this article

Dias Rohr JT, Isaac CR, de Amorim RFB, dos Santos PM, et al. (2020) Orbital Cellulitis and Sub-Tenon's Abscess Following Strabismus Surgery in a Healthy Child: The Challenge of Identifying the Source of Infection. *JSM Ophthalmol* 7(1): 1071.



Study of Geometric Illusory Visual Perception – A New Perspective in the Functional Evaluation of Children With Strabismus

Juliana Tessari Dias Rohr^{1,2*}, Cassiano Rodrigues Isaac³, Adriano de Almeida de Lima⁴, Ana Garcia², Procópio Miguel dos Santos⁵ and Maria Clotilde Henriques Tavares²

¹ Department of Ophthalmology, Hospital de Base do Distrito Federal, Brasília, Brazil, ² Department of Physiological Sciences, Institute of Biological Sciences, University of Brasília – UnB, Brasília, Brazil, ³ Department of Ophthalmology, Hospital Regional da Asa Norte – HRAN, Brasília, Brazil, ⁴ Faculty of Health Sciences, University of Brasília – UnB, Brasília, Brazil, ⁵ Department of Medicine, Unleuro University Center, Brasília, Brazil

OPEN ACCESS

Edited by:

Paul Michael Corbally,
The University of Auckland,
New Zealand

Reviewed by:

Lukasz Grzeczowski,
Ludwig Maximilian University
of Munich, Germany
Cheryl Olman,
University of Minnesota Twin Cities,
United States

*Correspondence:

Juliana Tessari Dias Rohr
jtdrohr@gmail.com;
julianarohr@yahoo.com.br

Specialty section:

This article was submitted to
Sensory Neuroscience,
a section of the journal
Frontiers in Human Neuroscience

Received: 03 September 2021

Accepted: 23 March 2022

Published: 13 April 2022

Citation:

Rohr JTD, Isaac CR,
de Lima AdA, Garcia A,
dos Santos PM and Tavares MCH
(2022) Study of Geometric Illusory
Visual Perception – A New
Perspective in the Functional
Evaluation of Children With
Strabismus.
Front. Hum. Neurosci. 16:789412.
doi: 10.3389/fnhum.2022.789412

Despite the various perceptual-motor deficits documented in strabismus, there is a paucity of studies evaluating visual illusions in patients with strabismus. The aim of this study was to examine how the illusory perception occurs in children/adolescents (10–15 years old) with strabismus with referral for surgery to correct ocular deviations. A controlled cross-sectional study was carried out in which 45 participants with strabismus and 62 healthy volunteers aged 10–15 years were evaluated. The behavioral response to three geometric illusions [Vertical-Horizontal illusion, Müller-Lyer illusion (Brentano version) and Ponzo illusion] and respective neutral stimuli (non-illusory images) regarding the estimation of image size and response time were measured using the Method of Adjustment. To analyze the influence of secondary factors: type of ocular deviation (convergent, divergent or associated with vertical deviation); amount of eye deviation; presence of amblyopia and stereopsis, a one-way ANOVA was performed. Among the tested illusions, children with strabismus showed greater susceptibility ($p = 0.006$) and response time ($p = 0.004$) to Ponzo's illusory images. Children with strabismus and preserved stereopsis, on the other hand, showed similar susceptibility and response time to control group patients to the Ponzo illusion ($p < 0.005$). Patients with amblyopia showed overcorrection in the estimate of non-illusory Ponzo images ($p = 0.046$). Children with horizontal ocular deviation (esotropia or exotropia) associated with vertical deviation (hypertropia, DVD and/or alphabetical anisotropy) showed higher susceptibility to vertical adjustment images for the Müller-Lyer illusion (Brentano version) ($p = 0.017$). Individuals with strabismus tended to overcorrect the length of the straight-line segment adjusted for non-illusory images when testing non-illusory images in the Müller-Lyer test (Brentano version) ($p = 0.009$), as well as for the neutral images in the Vertical-Horizontal test ($p = 0.000$). The findings indicated impairment in the perception of geometric illusions and neutral figures, especially for the Ponzo illusion test by children

with strabismus. As the behavioral response to illusory images may indirectly reflect the visual and morphofunctional alterations present in these individuals, we suggest that the investigation of visual illusory perception can be used as a new research strategy in the field of investigating the visual function in strabismus.

Keywords: strabismus, children, amblyopia, depth perception (stereopsis), visual illusion, visual perception

INTRODUCTION

Strabismus is an eye alignment disorder that affects 2–3% of children worldwide with severe consequences on visual perception as a whole (Gaertner et al., 2013; Kanonidou et al., 2013; Bui Quoc and Milleret, 2014; Hamm et al., 2014; Ridha et al., 2014; Bucci et al., 2016; Ghasia et al., 2018; Milleret and Bui Quoc, 2018). When it affects children at an early age, strabismus can be particularly harmful since the visual system is still in the process of maturing (Milleret and Bui Quoc, 2018).

The lack of synergy in the motor and sensory system to maintain ocular alignment can lead to central morphological structural repercussions such as the volumetric loss of white and gray matter and changes in cerebral blood flow (Xiao et al., 2007; Scholl et al., 2013; Ouyang et al., 2017; Tan et al., 2018). Functional alterations such as cortical suppression and amblyopia are also reported (Webber and Wood, 2005; Hamm et al., 2014). Eye movement disorders such as the increase in ocular fixation instability and the increase in the disconjugacy of fixational saccades and intrasaccadic ocular drift are also seen in patients with strabismus, even in the absence of amblyopia and latent nystagmus (Bucci et al., 2002; Ghasia et al., 2018). Amblyopia patients with strabismus and individuals with deficits in stereoscopic vision also show slow response to sensorimotor range tasks (reach performance), as well as motor inaccuracy in locating targets in space with positional uncertainty and perceptual image distortions (Niechwiej-Szwedo et al., 2017). More recently, a slow reading ability (Ridha et al., 2014) and difficulties in postural control (Gaertner et al., 2013; Bucci et al., 2016) have been documented, in addition to the considerable psychological and socio-emotional impact that has already been widely discussed (Schuster et al., 2019).

To ensure proper image perception, the eyes must be aligned so that the world projected onto the retinas falls on both foveae (Coubard et al., 2014; Otero-Millan et al., 2014; Parr and Friston, 2017; Walton et al., 2017; Ghasia et al., 2018). The information acquired is initially encoded by the retina in both eyes and ascends through the visual pathways until it reaches the Central Nervous System, where it will be organized and interpreted based on the individual's previous experiences in order to give meaning to the presented stimulus (Coubard et al., 2014; Parr and Friston, 2017). This means that, from the visual stimulus, the individual will build up a scene from their point of view, which ultimately determines their interaction with the environment that surrounds them (Otero-Millan et al., 2014).

As such, it is understood that visual perception is an essential core activity of human life (Parr and Friston, 2017). An important study tool in the behavioral field to assess visual perception

is illusory images (Eagleman, 2001). Visual illusions have been used in Neuroscience as a first step in research to investigate neural image processing (Gori et al., 2016). Illusory figures are commonly defined as images in which reality is perceived incorrectly, where there are discrepancies between what is experienced by the individual and what is physically expressed (Eagleman, 2001). However, for Shapiro and Hedjar (2019), this definition does not reflect the complexity that involves the visual experience. In fact, the perception we have of a stimulus is not a true copy of reality. The authors reinforce the concept that the brain is the "reality engine" capable of integrating all aspects of visual perception to build a consistent "reality." As such, illusions could be re-defined as conditions in which there would be a conflict between the possible interpretations of a perceptual "reality" (Shapiro and Hedjar, 2019). That way, visual illusions represent a powerful window to access the functional integrity of the central nervous system, as they prove that our view of the world comes from continuous interpretations at a central level (Eagleman, 2001; Coubard et al., 2014; Axelrod et al., 2017; Parr and Friston, 2017; Shapiro and Hedjar, 2019).

There is a wide variety of illusory images. In the literature, illusions of shape, color, contrast, movement, after-image, impossible figures, among others, are described (Hamburger et al., 2007; Gori and Yazdanbakhsh, 2008; Ninio, 2014; Hamburger, 2016). In addition to their applicability in basic research, visual illusions are widely used in studies in population groups with medical conditions with central repercussions such as: autism, dyslexia (Chouinard et al., 2016; Gori et al., 2016; Manning et al., 2017), and schizophrenia (Grzeczowski et al., 2018; Costa et al., 2021). Investigations in the field of illusory images have provided important clues about neural architecture that contribute to the understanding of the principles of central visual processing (Eagleman, 2001). The study of the Hermann Grid Illusion, for example, contributed to the theory of lateral interaction between neuronal cells, helping to understand neural connections and circuits of excitation and inhibition at the central level (see Eagleman, 2001, for more details).

Behavioral (Cretienoud et al., 2019, 2020), electrophysiological (Senkowski et al., 2005) and morphofunctional studies (He et al., 2015; Axelrod et al., 2017) have been carried out to understand the cerebral areas and neural mechanisms involved in illusory visual perception. However, it is still debatable at what level visual illusions are processed and what would be the determining factors that underly mechanisms of visual illusions (Cretienoud et al., 2020). Factors such as the individual's age (Cretienoud et al., 2020), cross-cultural and educational aspects (Leibowitz et al., 1969), visual context in

which the illusion is inserted (Cretenoud et al., 2020), as well as aspects such as: shape, color, texture, luminance and orientation of images (Cretenoud et al., 2019) have been studied.

According to Cretenoud et al. (2020), there are multiple factors that influence illusory visual perception and vision in general. Their results demonstrate, for example, a slight general decrease in susceptibility to Ponzo and Müller-Lyer illusions with age, a fact that does not correlate with the context in which the images are inserted. The authors also reported a weak correlation in the magnitude of susceptibility between the illusions tested. However, there was strong intra-illusion correlation (when considering presentation variations under different contexts of the same illusion). These results indicate that there is no common factor for visual illusions (Cretenoud et al., 2020).

Currently, an attempt is made to understand the visual functionality and perceptual changes experienced by patients with strabismus (Ridha et al., 2014; Pineles et al., 2015; Bucci et al., 2016). However, there are only a few studies that assess behavioral aspects and visual illusions in this population group. Considering the morphological anomalies at the central level perceptual changes in patients with strabismus, some questions arose that prompted this study to be carried out: (1) Are individuals with strabismus susceptible to geometric visual illusions? (2) Are there differences in the illusory visual perception of individuals with strabismus when compared to individuals without strabismus? In view of the functional alterations already confirmed by other studies, we could assume that, yes, strabismus would present alterations in illusory visual perception.

For our research, we chose three classic geometric illusory images with robust illusion magnitude (the Vertical-Horizontal, the Brentano version of the Müller-Lyer illusion, and the Ponzo illusion). Geometric visual illusions form a heterogeneous group of two-dimensional figures that require complex central processing (Ninio, 2014; Cretenoud et al., 2019) and high-level perceptual interactions (top-down regulation) with a predominant influence in contextual interpretive processing (Yildiz et al., 2021).

The aim of our study was to evaluate the susceptibility (in millimeters) and response time (in seconds) of patients with strabismus, with a referral for surgery to correct ocular deviation, for these three visual illusions and their respective neutral images (non-illusory) and compare the results with the response of healthy individuals. Our results demonstrate that patients with strabismus have greater susceptibility and response time, especially to the geometric Ponzo visual illusion, compared to individuals in the Control Group. Furthermore, we demonstrate that the lack of stereopsis (three-dimensional vision) impacts Ponzo's illusory perception.

The study of visual illusions in individuals with strabismus constitutes a new and relevant approach to the assessment of the functionality of the visual system. Our work opens the door to countless possibilities for future studies using, for example, the association of behavioral and morpho-functional techniques (such as Nuclear Magnetic Resonance and Electrophysiology). In addition, we propose that visual illusions can be used as a basis to compare and monitor possible central remodeling arising

from the improvement of ocular alignment with the treatment of surgical correction of strabismus (Gori et al., 2016).

MATERIALS AND METHODS

Participants

The study sample consisted of 107 children/adolescents, divided into two groups: The Cases Group (individuals with strabismus with a referral for surgery to correct ocular deviation) and the Control Group (healthy individuals without strabismus). The individuals with strabismus were categorized into three subgroups according to the classification of the ocular deviation presented: individuals with convergent deviation (Esotropias), individuals with divergent deviation (Exotropia) and individuals with an association of horizontal deviation with vertical gaze deviation (Dissociated Vertical Deviation - DVD or Hypertropia) and/or alphabetic anisotropies (Hertle, 2002).

For the Cases Group, 62 individuals were examined, and 45 children/adolescents were selected, aged 10–15 years (mean 11.96 ± 1.65) with strabismus and with ocular deviation less than or equal to 60 prism diopters, with referral for surgery to correct strabismus in the Ophthalmology sector of Hospital Regional da Asa Norte, Brasília. Seventeen individuals with surgical strabismus who did not meet the established inclusion criteria were excluded from the sample, as follows: five patients with residual strabismus (already operated on prior to the study), one patient with ptosis, one patient with keratoconus, two patients with associated congenital cataract, one patient with retinal detachment, one patient with microcephaly, three individuals with mental retardation, two patients with Attention Deficit Hyperactivity Disorder, one patient with Down's Syndrome. Of the 45 patients included, thirty-two patients (71%) had Esotropia, and thirteen individuals (29%) had Exotropia. Twenty-six individuals (58%) had an association of horizontal deviation with vertical gaze deviation. Visual acuity was tested using a Snellen chart positioned 5 m away, monocularly, with a better visual correction including the use of glasses, if necessary. The size of the ocular deviation was measured, with the best visual correction using the Prism Cover or Krinsky test, and classified as small (if up to 15 diopters), medium (from 15 to 30 diopters) and large (if greater than 30 diopters) (Ghasia et al., 2018). Stereopsis was tested for using the Titmus test, where true stereopsis was considered if better than or equal to 100 s of arc (Lal and Holmes, 2002). The clinical and ophthalmological characteristics of the sample are shown in detail in **Supplementary Table 1**.

Healthy volunteers were selected after an eye examination had been carried out on 116 students from the public education system in the Federal District. Individuals with Central Nervous System Diseases were prevented from participating in the study. Also, individuals with clinically conductive strabismus and/or with other associated ocular comorbidities, such as cataracts, retinal dystrophies, glaucoma, among others, could not participate. Along with individuals who used drugs with a narcotic effect. The control group included 62 healthy individuals aged 10–15 years (38 girls, 61%), with a mean age

of 10.89 years \pm 1.05 and ophthalmological examination without changes namely: visual acuity equal to or greater than 8/10 in both eyes without the need for optical correction (using the Snellen chart at 5 m), absence of ocular deviation (orthotropic), with stereopsis of 40 s of arc (Titmus test).

The study was approved by the Research Ethics Committee of the University of Brasília (UnB) (CAAE: 83515717.7.0000.0030) and is part of the first phase of the Clinical Trial registered at the Rebec (Brazilian Registry of Clinical Trials) under number RBR-4tzjic3 for the evaluation of geometric illusory visual perception in strabismus patients before and after eye alignment surgery. All participants and their legal representatives signed the Informed Consent Form before starting the tests.

Apparatus and Procedure

A Positivo laptop was used (Intel® Celeron®, Dual-Core) 15" 1,366 \times 768 LCD monitor for data collection. Visual stimuli were developed in the Eye Lines software™ (Beagley, 1993). Three geometric illusions (the Vertical-Horizontal, the Brentano version of the Müller Lyer and the Ponzo illusion) and their respective neutral (non-illusory) images were presented to the volunteers in black, in the center of the monitor screen on a white background. Specifications regarding the formatting of figures are shown in the **Supplementary Table 2**. As an adjustment (in the horizontal or vertical direction) and the line to be adjusted for each image presented are shown in **Figure 1**.

Experimental sessions were conducted binocularly with participants sitting comfortably facing the monitor, keeping a fixed distance of 52 cm from the screen and wearing their glasses, if necessary. When asked, they reported a clear vision and that they were comfortable to perform the experiment. To assess the behavioral response, the Method of Adjustment was used, as described below.

Three blocks of images were presented (the Vertical-Horizontal test, the Brentano version of the Müller Lyer test and the Ponzo test) as shown in **Figure 1**. Illusory and neutral images were presented randomly within the three test blocks with an interval of 1 min between the blocks and two repetitions per image, totaling 64 figures per experimental session (see **Figure 1**). For each figure presented, only one of the straight-line segments could be adjusted. The adjustable straight-line segment was predetermined by the examiner when the images were prepared in the Eye Lines software™ (Beagley, 1993). For each figure presented, the straight-line segment located in the vertical or horizontal direction could be adjusted, as shown in **Figure 1**. To evaluate the figures (neutral and illusory), the individual needed to carefully and quickly estimate the length of the straight segments subjectively and adjust the size of the images using the arrows on the computer keyboard, and if need be, make them subjectively equal in terms of length.

For the neutral images in the Vertical-Horizontal block, individuals could adjust the length of the straight line located vertically or horizontally. For the neutral images in the Brentano block, the individual could adjust the position of the central line of the image in order to make both line segments subjectively equal on the main axis of the figure. For the neutral images of the Ponzo block, the individual could adjust the length of the straight

line located vertically or horizontally. For the illusory images in the Vertical-Horizontal block, the individual could adjust the length of the vertical line or the horizontal line of the image. For the illusory images in the Brentano block, the individual could adjust the portion of the central arrow of the figure in order to equalize the length of the two straight segments of the main axis of the image. For Ponzo's illusion figures, the individual could adjust the size of the horizontal or vertical line segment near the angle that closes the image. To view the adjustable straight-line segment of each image (neutral and illusory) tested see **Figure 1**. The illusory effect was determined by the actual length of the line segments and the estimation of the line length according to the individual's subjective perception. After each figure had been evaluated, the individual pressed the "Enter" key to move on to the next image to be evaluated. There was no limitation on image adjustment size or response time for each figure.

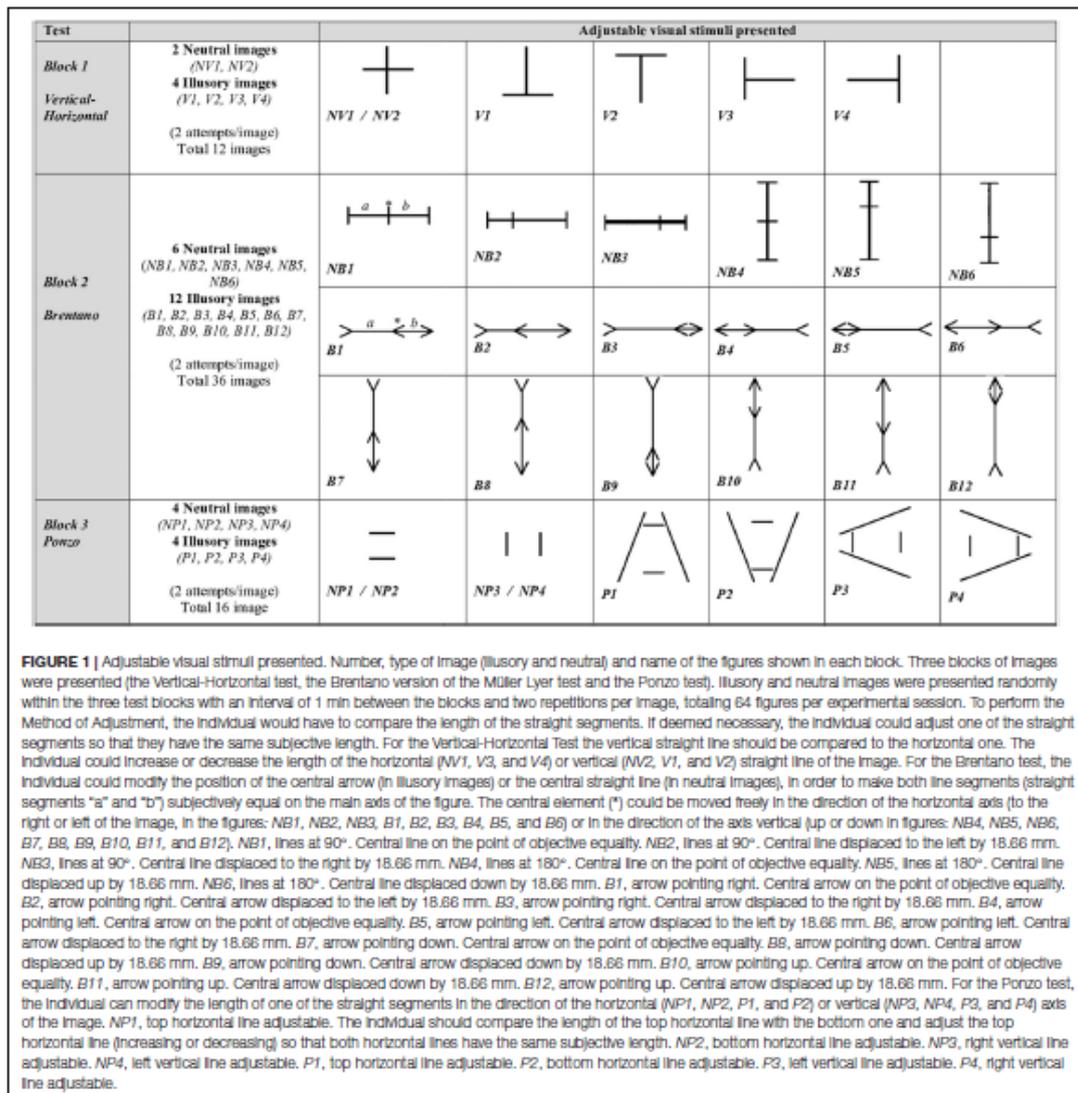
The procedure was divided into two Phases, the Training Phase and the Testing Phase. In the Training Phase, individuals were presented with the stimuli, familiarized with the Method of Adjustment and with the keyboard commands (arrow keys and "Enter" key) to change the images. During the Training Phase, all tested images were presented to the volunteers (see **Figure 1**). We also explained how and which straight line image (illusory and neutral) should be adjusted if the individual deemed it necessary. Data acquired in the Training Phase were not used for statistical analysis purposes. During the Test Phase, interaction between the examiner and the patient was avoided to only access the visual processing of the images evaluated. All sessions were recorded by audio and video to identify possible signs of fatigue whilst carrying out the test. This was not found at any time during the tests.

Variables Studied

Susceptibility and response time to the visual stimuli presented were evaluated using the Method of Adjustment. The susceptibility or magnitude of the illusory perception was measured using the difference in the size estimated by all participants versus the objective size of the stimulus presented in millimeters (mm). For the response time variable (in seconds), the period of time that elapsed from the moment the image appeared on the screen to the moment when the individual pressed the "Enter" button to move to a new image was considered.

Statistical Analysis

The mean of the values of the responses regarding susceptibility and time to evaluate and adjust the image was calculated. Mean values were analyzed using the Student's *t* test, considering the type of stimulus presented (illusory or neutral) for the Cases and Control Groups. To verify the homogeneity of variance between the groups, we performed the Levene test. When variances were not similar, we used the Welch *t* test. To separately analyze the influence of each of the secondary factors: type of ocular deviation (convergent, divergent or associated with vertical deviation); amount of eye deviation; the presence of amblyopia and stereopsis, a one-way ANOVA was used. We initially measured which comparisons to the null hypothesis



(which states that there is no difference between exposure variables on the outcome in the population) was more likely than the alternative hypothesis. To minimize the possibility of a type I error (False Positive), we used the Bonferroni correction for Tukey's *Post Hoc* or Honestly Significant Difference (HSD) test. The Shapiro-Wilks test showed deviations from normality equally present in both Groups (Cases and Controls). The significance level for the tests was established as $p < 0.05$. If each type of test (Vertical-Horizontal, Brentano and Ponzo) is considered separately, there are 9 (nine) dependent variables per

test. Considering a multiple comparison per test there is a 36.9% chance of obtaining at least one "significant" p -value (<0.05) just by chance. The generalized result for independent data is generally weaker than if observed as part of an analysis that involves multiple comparisons. That could be a limitation in our study and the comparisons should be taken with care. However, to fulfill the objectives of the study, an individual analysis was used to discover which illusory perception tests could be more appropriate for individuals with strabismus. Interpreting a set of comparisons is not straightforward. If multiple comparisons have

not been corrected, erroneous and “significant” results may be found. On the other hand, if multiple comparisons have been corrected, then real differences may not be detected. In this first phase of our study, we only performed simple comparisons analyzing the effect of each exposure separately on the outcome. All comparisons are shown below in the “Results” section.

RESULTS

In the Ponzo test, individuals with strabismus were more susceptible to estimate the size of the illusory images with horizontal adjustment ($p = 0.006$) compared to the control group. The estimate of volunteers with strabismus was -82.82 ± 36.75 versus -63.38 ± 34.14 mm in the Control Group. Patients with strabismus are also more susceptible for Ponzo illusory images in general ($p = 0.030$) specifically for the horizontal axis adjustment figures ($p = 0.005$; **Figure 2** and **Supplementary Table 3**).

Figure 3 shows a significant difference, with a slow response in adjustment by patients with strabismus to Ponzo illusory images with a horizontal adjustment of 11.460 ± 4.697 s for patients with strabismus versus 9.287 ± 3.521 s for the Control group ($p = 0.007$). Likewise, note the slow response time in the patients with strabismus in the images of vertically adjusted images (11.212 ± 5.990 s for the Cases group versus 8.661 ± 3.793 s for the Controls group; $p = 0.008$) and in illusory images in general ($p = 0.004$; **Supplementary Table 3**).

Only 8 individuals (17.8%) with strabismus had some degree of stereopsis. In **Figure 4**, it is found that individuals with strabismus that had stereopsis had a similar response to the Control Group regarding the illusory susceptibility in the Ponzo test with horizontal adjustment (-19.72 ± 10.62 mm in the Control Group, versus -20.28 ± 12.41 mm in the Cases group with stereopsis versus -26.95 ± 11.03 mm in the Cases group without stereopsis; *Post Hoc* Tukey $p = 0.005$; **Supplementary Tables 4, 5**).

Figure 5 demonstrates that the presence of stereopsis influences the response time for the Ponzo test, which is similar between participants with strabismus who have preserved stereopsis and the Control group. There was a significant slowness in the response time of patients with strabismus without stereopsis for horizontal adjustment illusory images (p -value 0.023, **Supplementary Table 4**; Tukey *Post-Hoc* p -value = 0.018, **Supplementary Table 6**); vertical adjustment neutral images (p -value = 0.037, **Supplementary Table 4**; Games-Howell = 0.022, **Supplementary Table 6**); vertical adjustment illusory images (p -value = 0.028, **Supplementary Table 4**; Turkey *Post-Hoc* = 0.024, **Supplementary Table 6**) compared to patients in the Control Group.

Amblyopia was a significant factor in the estimation of image size in the Ponzo test for neutral images in general ($p = 0.046$), especially those with vertical adjustment ($p = 0.005$), with patients with amblyopia tending to have significant hypercorrection in the estimation of the size of the image (6.17 ± 6.25 mm in the amblyopic versus -4.15 ± 9.28 mm in the non-amblyopic individuals with strabismus) (**Figure 6** and **Supplementary Table 5**).

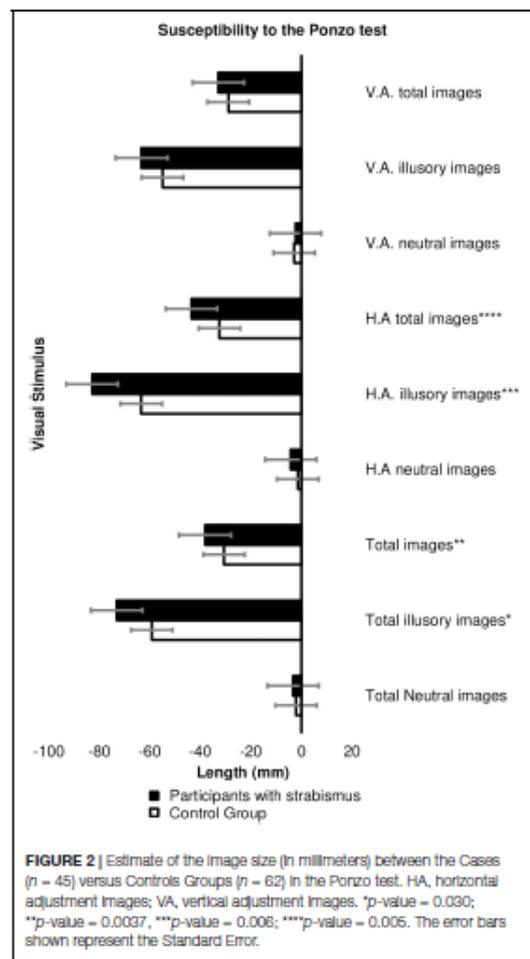
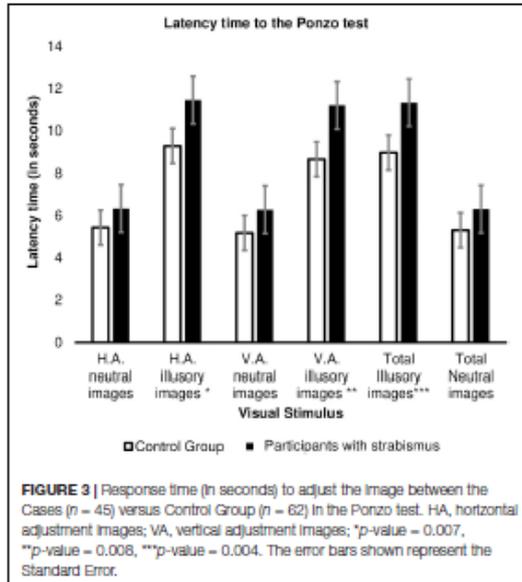


FIGURE 2 | Estimate of the image size (In millimeters) between the Cases ($n = 45$) versus Controls Groups ($n = 62$) in the Ponzo test. HA, horizontal adjustment Images; VA, vertical adjustment Images. * p -value = 0.030; ** p -value = 0.0037, *** p -value = 0.006; **** p -value = 0.005. The error bars shown represent the Standard Error.

As for the response time, individuals with strabismus and amblyopia were faster when evaluating the Vertical-horizontal test ($p = 0.022$), especially for vertical adjustment images (11.088 ± 4.972 s in non-amblyopic patients versus 7.902 ± 1.985 s in patients with amblyopia; p value = 0.006; **Supplementary Table 7**).

Of the 45 participants with strabismus in the study, 26 showed vertical gaze deviation (DVD and/or hypertrophy, and/or alphabetic anisotropies) associated with horizontal strabismus. In these individuals, overcorrection of neutral images with vertical adjustment ($p = 0.016$), illusions with vertical adjustment ($p = 0.015$) and images in general with vertical adjustment ($p = 0.017$) were observed for the Brentano test (**Figure 7** and **Supplementary Table 8**).

For neutral (non-illusory) images, there was a significant difference in the estimate of the size of the image for a vertical



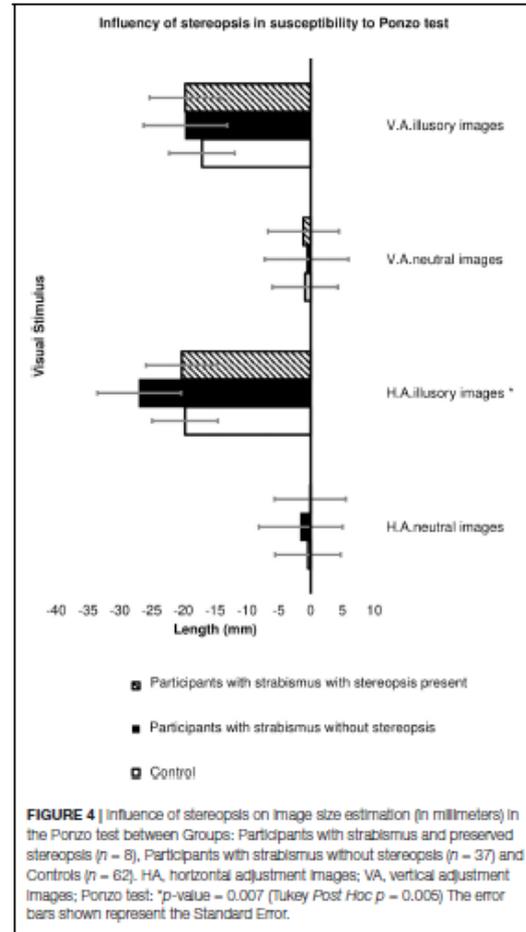
adjustment, in the Brentano test (-2.12 ± 38.57 mm in the Control group versus 16.86 ± 33.51 mm in the Cases Group; $p = 0.009$) and the Vertical-Horizontal test (-17.36 ± 36.28 mm in the Control Group versus 7.43 ± 31.73 mm in the Cases Group; $p = 0.000$) and individuals with strabismus tended to overcorrect the length of the adjusted straight line (Supplementary Table 3).

Considering that all individuals in the Cases group had a referral for surgery, only two were diagnosed with small ocular deviation (up to 15Δ), 17 had medium-sized ocular deviation (15 – 30Δ) and 26 participants had an ocular deviation considered large (greater than 30Δ). There was no significant difference regarding the influence of amount of ocular deviation, strabismus subtypes (converging or divergent) and its time of onset (congenital or infantile deviations) both in relation to image size estimation and in evaluating the response time.

DISCUSSION

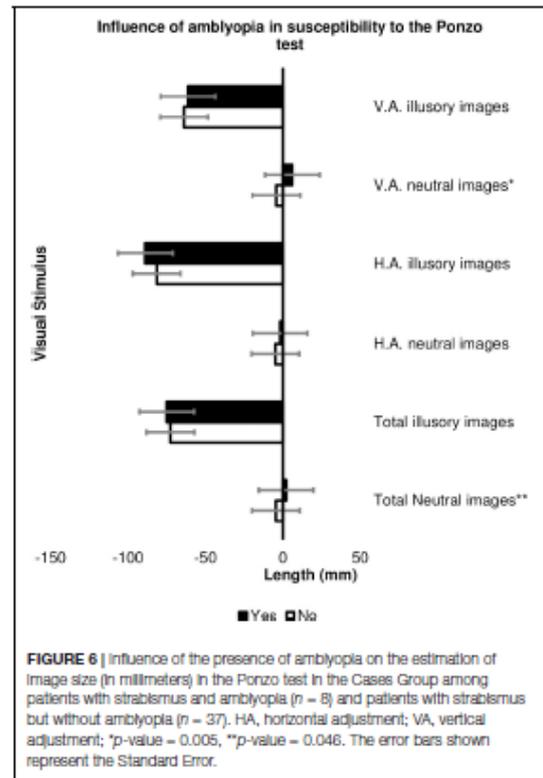
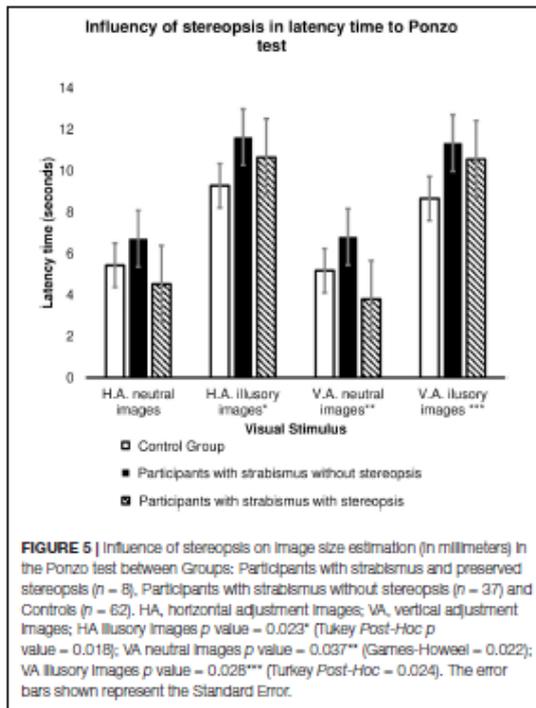
The main aim of this study was to investigate how children/adolescents with strabismus perceive two-dimensional geometric visual illusions in relation to a group of healthy individuals. Despite being classic and widely studied images, these figures had not been evaluated in this population group, so far.

The results obtained showed that individuals with strabismus had greater susceptibility and response time than healthy individuals in the evaluation of Ponzo's illusory images. Individuals with strabismus and some degree of stereopsis had a similar response to the Control Group when evaluating illusory images. Despite being presented as a two-dimensional figure,



Leibowitz et al. (1969) pointed out that the Ponzo illusion presents cues (monocular and binocular) that are normally associated with three-dimensional images of the environment around us, signaling, to the organism, the need to correct the perceived size of the retina for distant objects (Leibowitz et al., 1969). It is argued that the magnitude of the illusory perception results from the "framing effect" that comes from the interaction between the oblique horizontal and vertical lines evoking a sense of three-dimensionality (3D view) (Yamagami, 2007) which could justify the data found. The maximum illusory effect on the layout of the image of the horizontal adjustment found corroborated that reported by Yamagami (2007) in healthy individuals.

Supporting the results found in our study, Cretenoud et al. (2020) demonstrated that individual responses to the magnitude of illusory visual perception of Müller-Lyer and Ponzo are independent of the context in which the image is



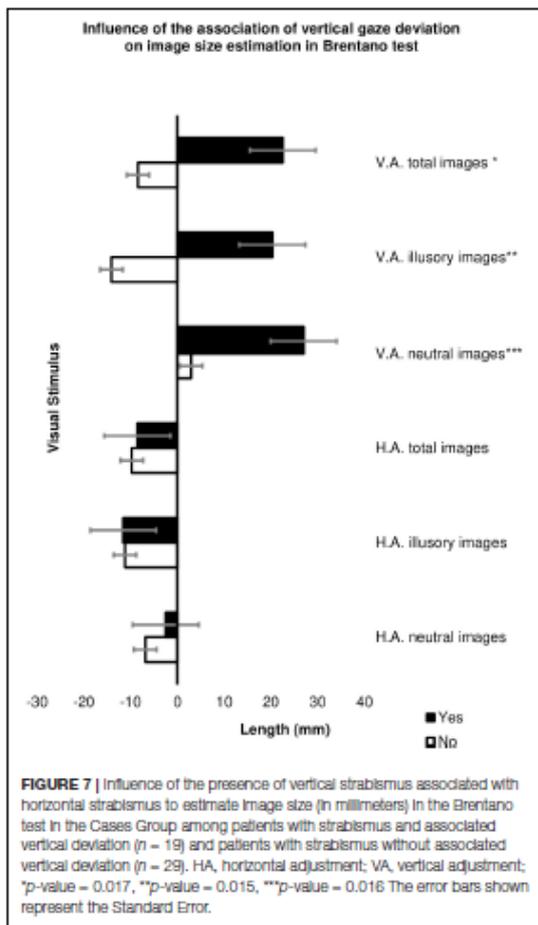
presented. That is, the susceptibility to a simple version or a three-dimensional version of the Ponzo figure, for the same individual, is strongly correlated. However, although Ponzo and Müller-Lyer are classified as geometric illusions, there is a weak correlation in the magnitude of illusory perception between these two illusions (Cretienoud et al., 2020).

An interesting aspect is that, according to Murray et al. (2006), in a study using Functional Nuclear Magnetic Resonance (fNMR), the brain activity of healthy individuals in area V1 was similar for both visual exposure to a two-dimensional and three-dimensional Ponzo image (Murray et al., 2006). Furthermore, according to Song et al. (2011), Ponzo's illusory interpretation is mediated by binocular neurons, that is, under conditions of monocular vision, the researchers reported greater susceptibility to the illusion than under binocular conditions which demonstrates complete interocular transfer (mediated by a population of binocular neurons that receive and combine the information from both eyes) (Song et al., 2011). In this regard, a lack of stereopsis and the absence of normal binocular vision represents a great disadvantage for individuals with strabismus in the assessment of the two-dimensional Ponzo illusory images, as these patients use secondary cues for depth perception such as: parallax, shadow, perspective, movement and vanishing point, aspects more susceptible to deception than binocular judgment.

Likewise, it is described in the literature that individuals with strabismus present saccadic movements that do not combine

amplitude and direction, in addition to anomalous saccadic velocity, which is worse in individuals without stereopsis and with a greater angle of ocular deviation (Ghasia et al., 2018). Such aspects can compromise the spatial and temporal location of objects (Niechwiej-Szwedo et al., 2017), and has an influence on essential daily activities such as reading, which tends to be slower (Ridha et al., 2014). Although the measurement of eye movements is not part of the object of this study, possibly the slowness in the analysis, interpretation and response of Ponzo's illusory figures (which demands more complex interpretation) may result from the difficulty in coordinating eye movements experienced by patients with strabismus, where this is even worse in individuals with strabismus without three-dimensional vision (Bucci et al., 2009; Niechwiej-Szwedo et al., 2017; Mihara et al., 2019).

We did not find a similar association for estimating the size of illusory images in the Brentano and Vertical-Horizontal tests. However, Axelrod et al. (2017), studying the cortical response to geometric illusory visual exposure, observed that several areas of the brain were involved in the interpretation of illusory images, which may be analogous to the behavioral response. The authors believe that, despite being classified as geometric illusions, the locus of brain response to interpret these images was not entirely



the same, which illustrates the complexity of the visuo-spatial integration (Axelrod et al., 2017). Several studies supported this understanding and advocated that the interpretation of illusory processing at the central level is complex and should not be attributed equally to all geometric illusions, in view of the different forms of presentation of visual stimuli and their context (Cretenoud et al., 2019, 2020; Yildiz et al., 2021).

According to Grave et al. (2006), in healthy individuals, Brentano's illusory effect is similar in all gaze positions (up, down, right, and left) and in vertical and horizontal adjustment images (Grave et al., 2006). However, when evaluating the influence of the association of vertical component strabismus to horizontal ocular deviation, we observed that the subgroup with a vertical gaze deviation shifted the center of the vertical adjustment axis of the Brentano figure significantly more. The same pattern did not occur in the analysis of the horizontal adjustment images. We could suggest that the difficulty in correctly estimating the size of illusory and neutral vertically adjusted images may be

a consequence of the coexistence of vertical and horizontal strabismus, which would make it more difficult to estimate the size of the figures.

The individuals with strabismus showed significant inaccuracy in estimating the length of simple figures, without any visual context, in the neutral images of the Brentano test and the Vertical-Horizontal test. A similar result was also observed in patients with amblyopia who presented a significant difference in the estimation of the size of the vertically adjusted Ponzo neutral images, tending to hypercorrection. Such findings may be related to the difficulty in integrating contours, as described by Niechwiej-Szwedo et al. (2017). The authors also report deficits in tracking and enumeration of objects and changes in sensitivity to movement, findings that reflect high central level involvement (extrastriatum) in addition to changes in primary image processing in patients with amblyopia (Niechwiej-Szwedo et al., 2017).

Another aspect to be considered in the patients with amblyopia is the one raised by Miller (2000), who advocates that the intrinsic property of illusory images allows them to be noticed even if observed in lower definition (as a blurred image), which may justify the similar susceptibility to Ponzo's illusory images (Miller, 2000). Furthermore, Otero-Millan et al. (2014) demonstrated that binocular performance is superior to monocular performance in the evaluation of illusory figures (Otero-Millan et al., 2014). As such, it could be understood that the binocular presentation of images, without a monocular comparative evaluation, represents a limitation in our study (Ninio, 2014). However, considering the age of the participants in our study, it was decided to perform the tests binocularly to prevent possible influences from external factors, such as tiredness, which could significantly impact performance. Furthermore, we emphasize that our visual perception is routinely carried out binocularly, so the experiment would be more accurate in interpreting reality.

In conclusion, for the first time that we are aware of, it was demonstrated that patients with strabismus present alterations in the perception of geometric illusions and neutral (non-illusory) figures, in a more significant manner for Ponzo's illusory figures. Thus, we believe that the study of illusory perception constitutes a new approach that can be applied in the visual functional assessment of the individuals with strabismus, in order to help understand the difficulties presented by these patients in their interaction with their surroundings. The response to this simple group of figures may reflect the complex changes in the organization of the Central Nervous System experienced by these patients. Future studies evaluating geometric illusions in association with imaging techniques such as Functional Nuclear Magnetic Resonance may contribute to a better understanding of morpho-functional changes in individuals with strabismus, helping to understand and locate the areas of the brain activated in the presentation of illusory images and the correlation of these findings to those described in terms of behavioral aspects. Illusory images can also serve as a basis for postoperative follow-up in these individuals, improving the understanding of the functional improvements resulting from a surgical procedure for ocular alignment.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

ETHICS STATEMENT

The studies involving human participants were reviewed and approved by Research Ethics Committee of the University of Brasília (UnB) (CAAE: 83515717.7.0000.0030). Clinical Trial registered at the Rebec (Brazilian Registry of Clinical Trials) under number RBR-4tzjic3. Written informed consent to participate in this study was provided by the participants' legal guardian/next of kin.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

JR, CI, and MT contributed substantially to the conception and design of the work, essay writing, and critical review of the

manuscript. JR, AG, AL, and PS worked on the acquisition, statistical analyses, and interpretation of data for the work. JR, CI, AL, AG, PS, and MT have agreed to be responsible for all aspects of the engagement to ensure that issues relating to the accuracy or completeness of any part of the engagement are properly investigated and resolved and approved the submitted version.

FUNDING

This study was conducted at Hospital Regional da Asa Norte – HRAN, Brazil and at Department of Neuroscience and Behavior, Institute of Biological Sciences, University of Brasília – UnB, Brazil.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

The Supplementary Material for this article can be found online at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2022.769412/full#supplementary-material>

REFERENCES

- Axelrod, V., Schwarzkopf, D. S., Gilaie-Dotan, S., and Rees, G. (2017). Perceptual similarity and the neural correlates of geometrical illusions in human brain structure. *Sci. Rep.* 7:39968. doi: 10.1038/srep39968
- Beagley, W. K. (1993). Eye Lines: generating data through image manipulation, issues in interface design, and the teaching of experimental thinking. *Behav. Res. Methods Instruments Comput.* 25, 333–336. doi: 10.3758/BF03204521
- Bucci, M. P., Brémond-Gignac, D., and Kapoula, Z. (2009). Speed and accuracy of saccades, vergence and combined eye movements in subjects with strabismus before and after eye surgery. *Vis. Res.* 49, 460–469. doi: 10.1016/j.visres.2008.12.006
- Bucci, M. P., Kapoula, Z., Yang, Q., Roussat, B., and Brémond-Gignac, D. (2002). Binocular coordination of saccades in children with strabismus before and after surgery. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* 43, 1040–1047.
- Bucci, M. P., Soufi, H., Villeneuve, P., Colleville, L., Bui-Quoc, E., and Lions, C. (2016). Importance of proprioceptive information for postural control in children with strabismus before and after strabismus surgery. *Front. Syst. Neurosci.* 10:67. doi: 10.3389/fnsys.2016.00067
- Bui Quoc, E., and Milleret, C. (2014). Origins of strabismus and loss of binocular vision. *Front. Integr. Neurosci.* 8:71. doi: 10.3389/fnint.2014.00071
- Chouinard, P. A., Unwin, K. L., Landry, O., and Sperandio, I. (2016). Susceptibility to Optical Illusions Varies as a Function of the Autism-Spectrum Quotient but not in Ways Predicted by Local-Global Biases. *J. Autism Dev. Disord.* 46, 2224–2239. doi: 10.1007/s10803-016-2753-1
- Costa, A. L. L., Silva, R. C., Coelho-Cordeiro, P. H., Silveira, F. S., da Barros, M., Caixeta, F. V., et al. (2021). The Perception of the Müller-Lyer Visual Illusion in Schizophrenics and Non-human Primates: A Translational Approach. *Front. Behav. Neurosci.* 15:641776. doi: 10.3389/fnbeh.2021.641776
- Coubard, O. A., Urbanski, M., Bourlon, C., and Gaumet, M. (2014). Educating the blind brain: A panorama of neural bases of vision and of training programs in organic neurovisual deficits. *Front. Integr. Neurosci.* 8:89. doi: 10.3389/fnint.2014.00089
- Cretenoud, A. F., Grzeczowski, L., Bertamini, M., and Herzog, M. H. (2020). Individual differences in the Müller-Lyer and Ponzo illusions are stable across different contexts. *J. Vis.* 20:4. doi: 10.1167/19.20.6.4
- Cretenoud, A. F., Karimpur, H., Grzeczowski, L., Francis, G., Hamburger, K., and Herzog, M. H. (2019). Factors underlying visual illusions are illusion-specific but not feature-specific. *J. Vis.* 19:12. doi: 10.1167/19.12.12
- Eagleman, D. M. (2001). Visual illusions and neurobiology. *Nat. Rev. Neurosci.* 2, 920–926. doi: 10.1038/35104092
- Gaertner, C., Creux, C., Espinasse-Berrod, M. A., Orssaud, C., Dufier, J. L., and Kapoula, Z. (2013). Postural control in nonamblyopic children with early-onset strabismus. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* 54, 529–536. doi: 10.1167/iov.12-10586
- Ghasia, F. F., Otero-Millan, J., and Shaikh, A. G. (2018). Abnormal fixational eye movements in strabismus. *Br. J. Ophthalmol.* 102, 253–259. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-310346
- Gori, S., Molteni, M., and Facchetti, A. (2016). Visual illusions: an interesting tool to investigate developmental dyslexia and autism spectrum disorder. *Front. Hum. Neurosci.* 10:175. doi: 10.3389/fnhum.2016.0175
- Gori, S., and Yazdanbakhsh, A. (2008). The riddle of the rotating-tilted-lines illusion. *Perception* 37, 631–635. doi: 10.1068/p5770
- Grave, D. D. J., de Franz, V. H., and Gegenfurtner, K. R. (2006). The influence of the Brentano illusion on eye and hand movements. *J. Vis.* 6, 727–738. doi: 10.1167/6.7.5
- Grzeczowski, L., Roinishvili, M., Chkonia, E., Brand, A., Mast, F. W., Herzog, M. H., et al. (2018). Is the perception of illusions abnormal in schizophrenia? *Psychiatry Res.* 270, 929–939. doi: 10.1016/j.psychres.2018.10.063
- Hamburger, K. (2016). Visual Illusions Based on Processes: new Classification System Needed. *Perception* 45, 588–595. doi: 10.1177/0301006616629038
- Hamburger, K., Hansen, T., and Gegenfurtner, K. R. (2007). Geometric-optical illusions at isoluminance. *Vis. Res.* 47, 3276–3285. doi: 10.1016/j.visres.2007.09.004
- Hamm, I. M., Black, J., Dai, S., and Thompson, B. (2014). Global processing in amblyopia: A review. *Front. Psychol.* 5:583. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00583
- He, D., Mo, C., Wang, Y., and Fang, F. (2015). Position shifts of fMRI-based population receptive fields in human visual cortex induced by Ponzo illusion. *Exp. Brain Res.* 233, 3535–3541. doi: 10.1007/s00221-015-4425-3
- Hertle, R. W. (2002). A next step in naming and classification of eye movement disorders and strabismus. *J. AAPOS.* 6, 201–202. doi: 10.1067/mpa.2002.126491
- Kanonidou, E., Gottlob, I., and Proudlock, F. A. (2013). The effect of font size on reading performance in strabismic amblyopia: An eye movement investigation. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* 55, 451–459. doi: 10.1167/iov.13-13257
- Lal, G., and Holmes, J. M. (2002). Postoperative stereoacuity following realignment for chronic acquired strabismus in adults. *J. AAPOS.* 6, 233–237. doi: 10.1067/mpa.2002.123399
- Leibowitz, H., Brislin, R., Perlmutter, L., and Hennessy, R. (1969). Ponzo perspective illusion as a manifestation of space perception. *Science* 166, 1174–1176. doi: 10.1126/science.166.3909.1174

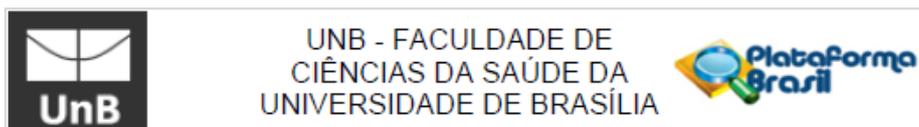
- Manning, C., Morgan, M. J., Allen, C. T. W., and Pellicano, E. (2017). Susceptibility to Ebbinghaus and Müller-Lyer illusions in autistic children: a comparison of three different methods. *Mol. Autism* 8:16. doi: 10.1186/s13229-017-0127-y
- Mihara, M., Hayashi, A., Fujita, K., Kakeue, K., and Tamura, R. (2019). Horizontal Saccadic Velocity in Patients with Exotropia before and after Unilateral Resection and Recession Surgery. *J. Ophthalmol.* 2019:6. doi: 10.1155/2019/1374917
- Miller, D. M. (2000). *The Wisdom of the Eye*. San Diego: Academic Press.
- Milleret, C., and Bui Quoc, E. (2018). Beyond rehabilitation of acuity, ocular alignment, and binocularity in infantile strabismus. *Front. Syst. Neurosci.* 12:29. doi: 10.3389/fnsys.2018.00029
- Murray, S. O., Boyaci, H., and Kersten, D. (2006). The representation of perceived angular size in human primary visual cortex. *Nat. Neurosci.* 9, 429–434. doi: 10.1038/nn1641
- Niechwiej-Srwedo, E., Goltz, H. C., Colpa, L., Chandrakumar, M., and Wong, A. M. F. (2017). Effects of reduced acuity and stereo acuity on saccades and reaching movements in adults with amblyopia and strabismus. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* 58, 914–921. doi: 10.1167/iov.16-20727
- Ninio, J. (2014). Geometrical illusions are not always where you think they are: A review of some classical and less classical illusions, and ways to describe them. *Front. Hum. Neurosci.* 8:856. doi: 10.3389/fnhum.2014.00856
- Otero-Millan, J., Macknik, S. L., and Martinez-Conde, S. (2014). Fixational eye movements and binocular vision. *Front. Integr. Neurosci.* 8:52. doi: 10.3389/fnint.2014.00052
- Ouyang, J., Yang, L., Huang, X., Zhong, Y. L., Hu, P. H., Zhang, Y., et al. (2017). The atrophy of white and gray matter volume in patients with comitant strabismus: Evidence from a voxel-based morphometry study. *Mol. Med. Rep.* 16, 3276–3282. doi: 10.3892/mmr.2017.7006
- Parr, T., and Friston, K. J. (2017). The active construction of the visual world. *Neuropsychologia* 104, 92–101. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.08.003
- Pineles, S. L., Demer, J. L., Isenberg, S. J., Birch, E. E., and Velez, F. G. (2015). Improvement in binocular summation after strabismus surgery. *JAMA Ophthalmol.* 133, 326–332. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2014.5265
- Ridha, F., Sarac, S., and Erzurum, S. A. (2014). Effect of strabismus surgery on the reading ability of school-age children. *Clin. Pediatr.* 53, 937–942. doi: 10.1177/000922814539068
- Scholl, B., Tan, A. Y. Y., and Priebe, N. J. (2013). Strabismus disrupts binocular synaptic integration in primary visual cortex. *J. Neurosci.* 33, 17108–17122. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1831-13.2013
- Schuster, A. K., Elllein, H. M., Pokora, R., Schlaud, M., Baumgarten, F., and Urschitz, M. S. (2019). Health-related quality of life and mental health in children and adolescents with strabismus - Results of the representative population-based survey KiGGS. *Health Qual. Life Outcomes* 17:81. doi: 10.1186/s12955-019-1144-7
- Senkowski, D., Röttger, S., Grimm, S., Foxe, J. J., and Herrmann, C. S. (2005). Kanizsa subjective figures capture visual spatial attention: evidence from electrophysiological and behavioral data. *Neuropsychologia* 43, 872–886. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.09.010
- Shapiro, A. G., and Hedjar, L. (2019). Color illusion as a spatial binding problem. *Curr. Opin. Behav. Sci.* 30, 149–155. doi: 10.1016/j.cobeha.2019.08.004
- Song, C., Schwarzkopf, D. S., and Rees, G. (2011). Interocular induction of illusory size perception. *BMC Neurosci.* 12:27. doi: 10.1186/1471-2202-12-27
- Tan, G., Dan, Z. R., Zhang, Y., Huang, X., Zhong, Y. L., Ye, L. H., et al. (2018). Altered brain network centrality in patients with adult comitant exotropia strabismus: A resting-state fMRI study. *J. Int. Med. Res.* 46, 392–402. doi: 10.1177/0300060517715340
- Walton, M. M. G., Pallus, A., Fleuriet, J., Mustari, M. J., and Tarczy-Hornoch, K. (2017). Neural mechanisms of oculomotor abnormalities in the infantile strabismus syndrome. *J. Neurophysiol.* 118, 280–299. doi: 10.1152/jn.00934.2016
- Webber, A. L., and Wood, J. (2005). Amblyopia: prevalence, natural history, functional effects and treatment. *Clin. Exp. Optom.* 88, 365–375. doi: 10.1111/j.1444-0938.2005.tb05102.x
- Xiao, J. X., Xie, S., Ye, J. T., Liu, H. H., Gan, X. L., Gong, G. L., et al. (2007). Detection of Abnormal Visual Cortex in Children With Amblyopia by Voxel-Based Morphometry. *Am. J. Ophthalmol.* 143, 489–493. doi: 10.1016/j.ajo.2006.11.039
- Yamagami, A. (2007). The effect of frame figure type and frame size on the line and the circle Ponzo illusions. *JPN. Psychol. Res.* 49, 20–32. doi: 10.1111/j.1468-5884.2007.00329.x
- Yildiz, G. Y., Sperandio, I., Kettle, C., and Chouinard, P. A. (2021). The conceptual understanding of depth rather than the low-level processing of spatial frequencies drives the corridor illusion. *Vis. Res.* 181, 21–31. doi: 10.1016/j.visres.2020.11.012

Conflict of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2022 Rohr, Isaac, de Lima, Garcia, dos Santos and Tavares. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

ANEXO 1. Parecer CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Percepção Visual Ilusória de Müller-Lyer em Pacientes Portadores de Estrabismo Cirúrgico.

Pesquisador: juliana tessari dias rohr

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 83515717.7.0000.0030

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.740.272

Apresentação do Projeto:

Resumo apresentado:

"O processamento visual é capaz de realizar funções elementares como acuidade visual, sensibilidade ao contraste, campo visual, cor, profundidade, movimento ou percepção espacial, e também as mais complexas ações (identificação de face e emoções, objetos, percepção de cenas, processamento de linguagem escrita, interação ação-percepção, etc.) (Coubart, 2014). Porém, nos casos de desalinhamento ocular (estrabismo) ocorrem déficits de percepção de cenas do mundo real, além de distúrbios do processamento visual, orientação, movimento, posição espacial, percepção global e reconhecimento de objetos com perda parcial ou completa da função tridimensional (visão 3D) e alterações nos movimentos sacádicos e de estabilidade de fixação ocular (Hamm 2014). Muito embora todos esses déficits tenham sido relatados para portadores de estrabismo, não se tem documentado na literatura a percepção das ilusões visuais para esse grupo populacional. Nesse sentido, o presente projeto se propõe a investigar em portadores de estrabismo com indicação cirúrgica, como ocorre a percepção visual ilusória à ilusão Müller-Lyer e se ocorrem alterações nessa percepção após a cirurgia de alinhamento ocular".

Critério de Inclusão:

"Serão incluídos na pesquisa crianças e adolescentes entre 5 a 15 anos, portadores de estrabismo de qualquer etiologia que tenham indicação cirúrgica e acuidade visual 20/40 ou melhor (normal)

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 2.740.272

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 27 de Junho de 2018

Assinado por:

Marie Togashi

(Coordenador)

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte CEP: 70.910-900
UF: DF Município: BRASILIA
Telefone: (61)3107-1947 E-mail: cepfsunb@gmail.com



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Percepção Visual Ilusória de Müller-Lyer em Pacientes Portadores de Estrabismo Cirúrgico.

Pesquisador: juliana tessari dias rohr

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 83515717.7.3001.5553

Instituição Proponente: Hospital Regional da Asa Norte - HRAN

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.849.010

Apresentação do Projeto:

O desalinhamento ocular, denominado de estrabismo, atinge cerca de 5% da população mundial, o que significa o acometimento de aproximadamente 12 milhões de pessoas afetadas pela doença por ano (NSPB), sendo as crianças as mais afetadas. No Brasil, os dados são semelhantes aos de outras populações do ocidente. Ao longo da história da neurociência da visão, a percepção ilusória tem se mostrado útil para investigar o processamento neural em diversos estudos comportamentais, sendo formadas pelas diferenças entre a percepção de uma figura e suas características físicas reais. Existem numerosos tipos de ilusões visuais porém uma das ilusões mais antigas estudadas é a Ilusão de Müller-Lyer, que é um tipo de ilusão visual geométrica. O processamento visual é capaz de realizar funções elementares como acuidade visual, sensibilidade ao contraste, campo visual, cor, profundidade, movimento ou percepção espacial, e também as mais complexas ações (identificação de face e emoções, objetos, percepção de cenas, processamento de linguagem escrita, interação ação-percepção, etc.). Porém, nos casos de desalinhamento ocular (estrabismo) ocorrem déficits de percepção de cenas do mundo real, além de distúrbios do processamento visual, orientação, movimento, posição espacial, percepção global e reconhecimento de objetos com perda parcial ou completa da função tridimensional (visão 3D) e alterações nos movimentos sacádicos e de estabilidade de fixação ocular. Muito embora todos esses déficits tenham sido relatados para portadores de estrabismo, não se tem documentado na literatura a percepção das ilusões visuais para esse grupo

Endereço: SMHN 2 Qd 501 BLOCO A - FEPECS

Bairro: ASA NORTE

CEP: 70.710-904

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)3325-4040

E-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com



Secretaria de Estado de Saúde
do Distrito Federal

FUNDAÇÃO DE ENSINO E
PESQUISA EM CIÊNCIAS DA
SAÚDE/ FEPECS/ SES/ DF



Continuação do Parecer: 2.849.010

O presente Parecer de aprovação tem validade de até dois anos, mediante apresentação de relatórios parciais, e após decorrido esse prazo, caso necessário, deverá ser apresentada emenda para prorrogação do cronograma.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1169059.pdf	30/07/2018 14:17:22		Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	cartarespostafepecs.doc	30/07/2018 14:09:32	juliana tessari dias rohr	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termocompromissofepecs.jpg	20/07/2018 17:38:29	juliana tessari dias rohr	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	termoanuenciafepecs.jpg	20/07/2018 17:37:13	juliana tessari dias rohr	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termocompromissofepecs.doc	05/07/2018 12:12:10	juliana tessari dias rohr	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	26/04/2018 20:42:20	juliana tessari dias rohr	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetofinal.docx	26/04/2018 20:41:10	juliana tessari dias rohr	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	05LabNeuroTALE5a9.doc	16/02/2018 17:25:20	juliana tessari dias rohr	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	05LabNeuroTALE10a15.doc	16/02/2018 17:24:46	juliana tessari dias rohr	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Endereço: SMHN 2 Qd 501 BLOCO A - FEPECS

Bairro: ASA NORTE

CEP: 70.710-004

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)3325-4040

E-mail: comitedsetica.secretaria@gmail.com



Secretaria de Estado de Saúde
do Distrito Federal

FUNDAÇÃO DE ENSINO E
PESQUISA EM CIÊNCIAS DA
SAÚDE/ FEPECS/ SES/ DF



Continuação do Parecer: 2.849.010

Não

BRASILIA, 28 de Agosto de 2018

Assinado por:
DILLIAN ADELAINÉ CESAR DA SILVA
(Coordenador)

Endereço: SMHN 2 Qd 501 BLOCO A - FEPECS

Bairro: ASA NORTE

CEP: 70.710-904

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)3325-4940

E-mail: comitedeetica.secretaria@gmail.com