

Efeitos da Cor, Iluminação e Rotação na Ilusão Estereoscópica da Máscara Côncava

The Hollow Face Illusion Strength in Stereoscopic viewing Condition under Effects of Color, Ligthning Orientation and Rotation

Maria Amélia Cesari Quaglia*^a & Sérgio Sheiji Fukusima^b

^aUniversidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, MG, Brasil

& ^bUniversidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil

Resumo

Na ilusão da máscara côncava, o reverso côncavo da máscara é percebido como uma face convexa. Esta pesquisa objetivou investigar a robustez dessa ilusão em fotografias de estereogramas da máscara côncava sob variações de cor, iluminação e rotação. Quarenta observadores julgaram como côncava, plana ou convexa máscaras côncavas cinza e policromada, iluminadas por cima, baixo, direita, esquerda, e invertida iluminada por baixo, apresentadas num monitor. A maioria julgou a máscara côncava como convexa. Eles também reproduziram, em centímetros, a profundidade percebida entre a ponta do nariz da máscara e sua base. Não foi observado efeito para a cor, $F(1,39)=0,22$; $p>0,05$, mas ocorreu um efeito principal para a direção da iluminação, $F(4,156)=11,35$; $p<0,05$. Observou-se uma diferença significativa entre estimativas da posição da máscara côncava monocromada, $t(39)=2,12$; $p<0,05$. Maiores estimativas foram designadas às máscaras côncavas posicionadas verticalmente iluminadas por baixo. Estes resultados indicaram a atuação dos processos *top-down* sobre os *bottom-up*. *Palavras-chave:* Ilusões ópticas, percepção da face, visão binocular.

Abstract

The hollow-face illusion is an optical illusion in which the perception of a concave mask appears as a convex face. The goal of this study was to investigate the strength of this illusion under different sources of illumination, face color and positioning into stereographic photos. Forty participants judged, in a computer screen, the hollow-face illuminated from above, below, left, and right, and in the upside-down position illuminated from below, as concave, plain or convex. Most of them judged the reverse mask as convex. They also reproduced, in centimeters, the perceived depth of the mask using a retractable tape measure. No significant difference was observed between the colors, $F(1,39)=.22$; $p>.05$. But there was an effect in the illumination directions, $F(4,156)=11.35$; $p<.05$. The position affected the depth perception of a monochrome hollow-face, $t(39)=2.12$; $p<.05$. Higher estimates were designated to the hollow-face in the upright position. These results indicated top-down overlapped bottom-up processing.

Keywords: Hollow-face illusion, stereoscopic viewing, face perception.

O ser humano sempre considera a direção de uma fonte de luz vinda de cima, devido à posição do sol, que ilumina toda a cena. Este fenômeno possibilita a percepção de profundidade ou relevo na natureza (Kleffner & Ramachandran, 1992; Ramachandran, 1988). Por exemplo, a fotografia de uma cratera se transforma em uma fotografia de montanha se for girada em 180°. Simulando o que ocorre na natureza, pesquisadores apresentaram imagens

de hemisférios na tela do monitor aos observadores. Os hemisférios que aparentavam estar iluminados por cima foram percebidos como convexos, enquanto que os que pareciam estar iluminadas por baixo foram percebidos como côncavos. Quando a direção da fonte de iluminação é invertida, ocorre uma inversão na percepção da profundidade ou relevo das imagens hemisféricas (Champion & Adams, 2007; Kleffner & Ramachandran, 1992; Quaglia &

*Endereço para correspondência: Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Psicologia, Campus Dom Bosco, Praça Dom Helvécio, 74, São João del-Rei, MG, Brasil 36301-160. Fone: (32) 3379-2457; Fax: (32) 3379-2457. E-mail: melinha@ufsj.edu.br

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos do Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica (PICDT) concedida à primeira autora por ocasião de seu doutoramento no programa de Pós-

-Graduação em Psicobiologia da Universidade de São Paulo (USP) - Ribeirão Preto e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade (Proc. no. 301627/2008-8) concedida ao segundo autor para a realização desta pesquisa. Os autores ainda agradecem o auxílio da doutoranda Livia da Silva Bachetti e do Técnico de Laboratório, Igor Otto Douchkin, ambos da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP-USP), para a consecução desse artigo.

Fukusima, 2006; Ramachandran, 1988; Thomas, Nardini, & Mareschal, 2010).

No entanto, quando se observa o reverso côncavo de uma máscara ou um molde oco da face, a certa distância, a percepção é a de uma face convexa. Este fenômeno é conhecido como a ilusão da máscara côncava, *hollow-face illusion*. Ocorre uma inversão visual da profundidade (Gregory, 1997a; Gregory & Gombrich, 1980). É diferente do que ocorre com imagens de hemisférios, se a máscara côncava é iluminada por cima da cabeça, acontece uma inversão da direção da fonte de iluminação e a máscara é percebida ainda como convexa, mas com a direção da fonte de iluminação por baixo da cabeça. Quando se trata da máscara côncava, a direção da fonte de iluminação é que é invertida para dar lugar à percepção da face convexa ilusória (Hill & Bruce, 1993).

Se a máscara é girada, ou se o observador se movimenta, a face ilusória percebida no reverso da máscara parece girar na direção contrária à da máscara convexa. Ocorre uma inversão da direção do movimento. A face ilusória do reverso da máscara também é percebida como se girasse duas vezes mais rapidamente (Gregory, 1997a; Gregory & Gombrich, 1980).

A ilusão da máscara côncava é estabelecida pela convergência dos olhos, ao observar o reverso da máscara. Ao observar a máscara convexa, os olhos convergem para a distância onde a face convexa objetiva está localizada. Na ilusão da máscara côncava, ao observar o reverso da máscara, os olhos se ajustam e convergem para a distância aparente da localização da face convexa ilusória. Para possibilitar o reconhecimento da face convexa, ocorre uma falha no ponto de fixação do olhar (Hoffmann & Sebald, 2007).

Objetos inseridos no interior da máscara côncava parecem compartilhar de suas propriedades. Em um monitor, na imagem do reverso da máscara iluminada por cima foram introduzidas figuras de protuberâncias e cavidades. Estas passaram a participar da mesma direção da fonte de iluminação sobre a máscara e foram percebidas como cavidades e protuberâncias, respectivamente (Ramachandran, 1988). Em outra pesquisa, um estereograma foi inserido na parte superior de uma máscara côncava tridimensional. O estereograma pareceu partilhar a convexidade ilusória da máscara. Se o observador movia sua cabeça, este percebia uma máscara convexa girando junto com o estereograma. O estereograma aparentava estar ligado à face ilusória por meio de uma coluna invisível (Yellott & Kaiwi, 1979).

A inversão binocular da profundidade também pode ocorrer em objetos côncavos com formatos hemisferóides. Hill e Bruce (1994) apresentaram um objeto semiesférico com algumas ondulações chamado batata côncava e também uma máscara côncava nas posições vertical e invertida. Os observadores inverteram a profundidade visual em ambos os objetos. No entanto, a máscara côncava apresentada na posição vertical, mais familiar, requereu distâncias menores para a inversão da profundidade. Efeitos semelhantes obtiveram Hill e Johnston (2007) quando

apresentaram forminhas côncavas de doce. As forminhas côncavas com formatos mais reconhecíveis como as de urso e abacaxi requereram distâncias menores para a inversão binocular da profundidade. Estes resultados ainda confirmaram os achados de Langer e Bühlhoff (2001) para a preferência perceptual de convexidades ao decodificar padrões ambíguos de luz e sombra em figuras compostas por concavidades, convexidades e planuras.

A máscara côncava observada monocularmente requer distâncias menores do observador para a formação da ilusão do que quando apresentada binocularmente (Hill & Bruce, 1993). Em contraposição, sob o ponto de vista estacionário, com observação monocular através do visor de uma câmara, Quaglia e Fukusima (2009) investigaram os efeitos da direção da iluminação e de características da face como a cor e a orientação da máscara côncava. A inversão monocular da profundidade ocorreu na maioria das respostas, independente da direção da fonte de iluminação, da cor e posição do estímulo. Os autores apontaram para aspectos cognitivos envolvidos no reconhecimento de faces e para a estabilidade da percepção de faces tridimensionais convexas na ilusão da máscara côncava.

Por sua vez, com apresentação binocular, condições familiares como a fonte de iluminação percebida por cima da cabeça da máscara côncava e a sua exposição na posição vertical reduzem as distâncias requeridas para a inversão visual da profundidade (Hill & Johnston, 2007). Apresentada de ponta-cabeça, distâncias maiores são necessárias para a percepção da ilusão. Por outro lado, com distâncias muito curtas, a ilusão não acontece, pois as disparidades binoculares confirmam a forma côncava da máscara (Hill & Bruce, 1993).

A configuração da face auxilia na percepção de um rosto convexo no lado côncavo da máscara ou do molde da face, mesmo quando se sabe que se trata de uma ilusão óptica. Hill e Johnston (2007) ressaltaram a participação dos processos sensoriais, *bottom-up*, e dos processos cognitivos, *top-down*, na percepção do fenômeno. Gregory (1997b), no entanto, argumentou que, no cérebro, as hipóteses perceptuais e conceituais podem divergir. No caso da ilusão da máscara côncava, os aspectos cognitivos, *top-down*, se impõem sobre os sinais sensoriais, *bottom-up*. É provável que isto ocorra porque o reconhecimento de faces foi necessário para a sobrevivência do indivíduo e da espécie (Darwin, 1871/1998).

Hill e Johnston (2007) investigaram as características da face côncava que facilitam seu reconhecimento. Foram apresentadas, como estímulos, máscaras côncavas com projeções perspectivas e ortográficas, nas tonalidades bege e cinza-médio, e com 11 texturas diferentes de ruído. Os observadores julgaram a profundidade da máscara côncava por meio de uma escala de 6 pontos, de definitivamente côncava a definitivamente convexa. Os autores observaram que a taxa de convexidade da máscara côncava na tonalidade bege, cor da pele, sem a presença de ruído foi maior do que a taxa de convexidade do estímulo apresentado na tonalidade cinza-médio com a presença de ruído. Estes

resultados estão de acordo com os estudos de Yoshida (2006), obtidos por meio de uma metodologia psicofísica, e evidenciaram que o grau de familiaridade na apresentação do reverso da máscara fortalece a ilusão.

Papathomas e Bono (2004) compararam estímulos tridimensionais familiares como a máscara côncava policromada e um estímulo de cena disposto em perspectiva. A máscara côncava requereu menos tempo e distância para a inversão visual da profundidade, possivelmente devido à ação dos processos *top-down*. Porém, o estímulo de cena produziu uma percepção de profundidade mais poderosa, resultado este que pode ser explicado por uma combinação entre os dados da perspectiva, as sombras da cena e os gradientes de textura. Para os autores, no cérebro, imagens de cenas e rostos são processadas diferenciadamente.

A ilusão da máscara côncava foi pouco explorada na literatura. A maioria dos estudos teve como foco a inversão binocular da profundidade por meio de aproximações e afastamentos da máscara côncava. Poucos estudos investigaram as características da face côncava como a cor natural da pele, posicionamento, ou utilizaram medidas escalares para avaliar esta ilusão. Em nenhum estudo foi comparada uma face com a demarcação de atributos naturais como olhos, sobrancelhas e boca a uma face sem essas características, além da cor bege da pele. Em nenhuma pesquisa foi investigada a percepção métrica da profundidade ou relevo da máscara côncava observada binocularmente. O objetivo deste trabalho foi investigar a inversão binocular da profundidade e a avaliação escalar e métrica da profundidade ou relevo da máscara côncava sob variações da direção da fonte de iluminação e de peculiares da face, como a cor e a presença de olhos e boca. Também foi objetivo deste trabalho investigar o efeito do posicionamento da máscara côncava sobre a inversão binocular da profundidade e sobre a percepção e avaliação escalar e métrica da sua profundidade ou relevo.

Método

Participantes

Participaram do experimento 40 estudantes dos diferentes cursos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP), com idades entre 18 e 31 anos, 10 homens e 30 mulheres. Todos possuíam acuidade visual de 6/6, normal ou corrigida e leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FFCLRP/USP, de acordo com o Processo CEP-FFCLRB nº 231/2005 – 2005.1.1857.59.9.

Instrumentos

A acuidade visual foi avaliada por um aparelho Ortho-Rater Baush e Lomb. O reverso da máscara monocromada foi pintado com uma mistura de tinta látex comercial de parede preta e branca. O reverso da máscara policromada foi preparado com essas tonalidades misturadas a pigmen-

tos comerciais nas cores primárias de tinta: vermelho, azul e amarelo para a obtenção de todas as cores pertinentes à tonalidade da pele, olhos, sobrancelhas e boca. As máscaras foram dispostas em uma câmara escura com lâmpadas de 12V x 0,60mA localizadas em cima, baixo, à direita e esquerda da câmara, liberando uma luminância de 0,80 cd/m² a cada estímulo. Para a obtenção das fotografias, as máscaras côncavas monocromada e policromada foram iluminadas, uma a uma, em cima, embaixo, à direita, à esquerda e a invertida foi iluminada na cabeça. Foram tiradas 20 fotografias da máscara côncava policromada e da máscara côncava monocromada por meio de uma máquina Canon modelo EOS Rebel T3i, modo automático, com lente EFS 18-55mm (dez sob a perspectiva do olho direito e dez sob a perspectiva do olho esquerdo). Por meio do programa *Adobe Photoshop CS2* foram montados dez estereogramas com os pares de fotografias digitalizadas das máscaras côncavas monocromada (5 estereogramas) e policromada (5 estereogramas). Os estereogramas foram empregados no *software SuperLab Pro for Windows* para apresentação dos estímulos em um monitor Flatron de 17 polegadas, 795FT = 800 X 600 *pixels* e registro das respostas. À frente do monitor foi acrescentado um anteparo de filtro polarizador armado em orientações ortogonais, metade em plano vertical e metade em plano horizontal para a apresentação dos pares de fotografias de máscaras côncavas. Em um par de óculos de segurança, as lentes foram substituídas por filtro polarizador com as mesmas orientações do anteparo do monitor para possibilitar a percepção estereoscópica das imagens (Figura 1). Também foi utilizada uma trena para permitir a estimativa da profundidade ou relevo da máscara côncava em centímetros.

Procedimento

Coleta de Dados. Após a avaliação da acuidade visual, assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e leitura das instruções, cada participante foi conduzido para uma sala onde se encontrava um monitor e recebeu um treinamento para observar estereoscopicamente um par de fotografias da máscara côncava utilizando os óculos confeccionados para este fim. O participante deveria se aproximar e se distanciar do estímulo até que percebesse que o par de fotografias da máscara côncava se fundia em uma só imagem tridimensional, com profundidades e relevos. Escolhida a distância que melhor permitiam a percepção tridimensional da imagem, o experimento era iniciado. Os pares de imagens das máscaras policromada e monocromada que compunham o experimento foram apresentados no monitor na posição vertical (a) iluminada por cima, (b) iluminada por baixo, (c) iluminada pela direita, (d) iluminada pela esquerda, (e) e na posição invertida, iluminada na cabeça. A ordem de exposição para as condições do experimento foi balanceada por meio de sorteio de papéis com as indicações da apresentação das imagens da máscara côncava, garantindo que todos os observadores passassem por todas as condições experimentais.

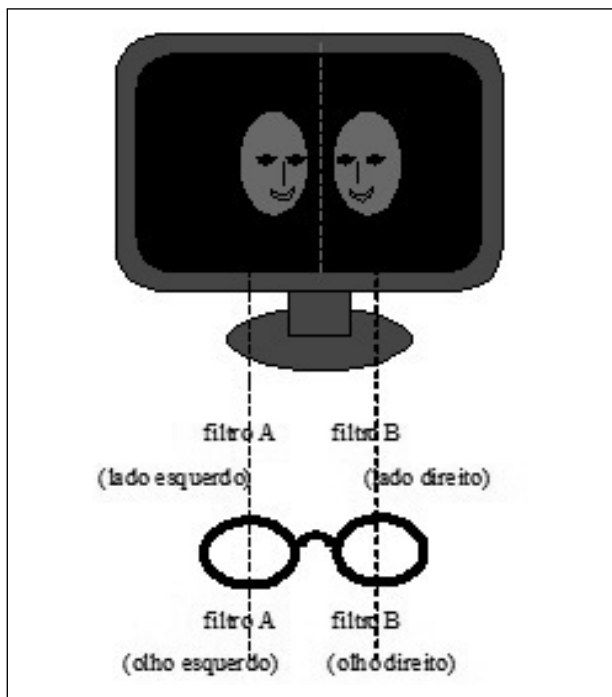


Figura 1. Esquema que representa a condição de visão estereoscópica no experimento. O filtro polarizador A foi fixado na metade esquerda da tela do computador e o filtro polarizador B, com orientação ortogonal de filtragem ao filtro A, na metade direita, separando as duas imagens da máscara côncava. As lentes dos óculos foram substituídas por filtros polarizadores de forma que suas orientações de filtragem fossem iguais às correspondentes sobre a tela do computador. Assim, o filtro polarizador A, apresentado na tela esquerda do monitor, foi fixado com orientação horizontal, a mesma orientação de polarização do filtro que foi ajustado na lente esquerda de um dos óculos. Nessa situação, as luzes polarizadas pelos filtros (indicada pelas linhas tracejadas) provenientes respectivamente das metades laterais da tela do computador, e que chegavam respectivamente ao olho direito e ao esquerdo do observador, possibilitavam a visão estereoscópica não cruzada dos estímulos.

Ao participante foi solicitado relatar a profundidade ou relevo percebido da máscara em três tarefas, em ordem crescente de aferição de medida. Na primeira tarefa, solicitou-se que julgasse se a máscara era percebida como côncava, oca, voltada para dentro, ou convexa, protuberante, voltada para fora como uma face natural. Na segunda tarefa, solicitou-se que atribuísse uma das seguintes categorias à profundidade ou relevo percebido da máscara, de acordo com sua percepção:

1. Plenamente côncava,
2. Moderadamente côncava,
3. Plana,
4. Moderadamente convexa e
5. Plenamente convexa.

E na terceira tarefa solicitou-se que ajustasse, numa trena graduada em milímetros, a distância percebida entre a ponta do nariz da máscara e a base da mesma. Foi utilizado o tempo necessário de exposição do estímulo

requerido para a emissão da resposta do observador. Todos os estímulos foram apresentados a todos os participantes e o experimentador também registrou as respostas. As mesmas instruções foram fornecidas para a apresentação da máscara côncava policromada e monocromada sob diferentes condições de iluminação ou posição.

Análise dos Dados. Foi realizada uma análise descritiva dos dados por meio de tabelas e figuras demonstrativas. Foram calculadas as frequências relativas (%) dos julgamentos para as máscaras côncavas policromada e monocromada iluminadas em diferentes direções como côncava, plana e convexa. As estimativas em centímetros da profundidade ou relevo percebidos foram relacionadas aos respectivos julgamentos categóricos da máscara côncava em observação estereoscópica.

A análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas foi empregada com o intuito de verificar se existiam diferenças entre os julgamentos em centímetros da profundidade ou relevo percebido das máscaras côncavas monocromada e policromada iluminadas em diferentes direções. A ANOVA realizada foi de modelo: duas cores da máscara côncava, monocromada e policromada e cinco direções da iluminação (por cima, por baixo, pela direita e pela esquerda e na posição invertida iluminada por baixo). Nesta análise, a cor da máscara e as direções da fonte de iluminação foram fatores intra-sujeitos. Também foi utilizado o pós-teste de Bonferroni com ajustamento para comparações múltiplas, para comparar a profundidade ou relevo percebido entre os pares de médias das máscaras policromada e monocromada para as diferentes condições de iluminação. O nível de significância utilizado nas decisões dos testes estatísticos foi de 5%, e o nível de confiança nos intervalos de 95%.

A fim de comparar a percepção da profundidade ou relevo da máscara côncava monocromada apresentada nas posições vertical e invertida foi aplicado o teste *t* pareado aos dados. O mesmo procedimento foi realizado com os dados dos julgamentos da profundidade ou relevo da máscara côncava policromada nas posições vertical e invertida. As análises estatísticas foram realizadas através dos programas do pacote estatístico *Statistical Package for the Social Sciences*, SPSS, versão 12.0.

Resultados

Os tempos de latência computados pelo programa *SuperLab Pro for Windows* para a inversão da profundidade ou relevo da máscara côncava não foram levados em consideração. Os participantes cumpriram um treinamento para sobrepor as imagens dos estereogramas possibilitando a percepção tridimensional da máscara côncava, o que poderia enviesar esses resultados.

Na Tabela 1 apresentam-se as frequências percentuais das respostas que indicavam a face como côncava (agrupadas as categorias 1 e 2), plana (categoria 3) e convexa (agrupadas as categorias 4 e 5) para a máscara côncava policromada e monocromada iluminadas por cima, por baixo,

pela direita e pela esquerda e na posição invertida iluminada por baixo. Ressalta-se que a maioria dos observadores atribuiu convexidade à máscara côncava apresentada na posição vertical, conforme pode ser verificado em suas estimativas: 50% quando a máscara côncava policromada foi apresentada iluminada por cima, 77,5% por baixo, 65% pela direita, 85% pela esquerda. A máscara côncava monocromada foi avaliada como convexa por 60% dos

observadores quando iluminada por cima, em 92,5% por baixo, em 80% pela direita e em 77,55% pela esquerda. No entanto, quando a máscara côncava foi apresentada na posição invertida e iluminada por baixo, os índices de convexidade diminuíram: 47,5% dos observadores perceberam a máscara côncava policromada como convexa e 40% perceberam a máscara côncava monocromada como convexa.

Tabela 1

Frequências Relativas (%) dos Julgamentos para a Máscara Côncava Policromada e Monocromada como Côncava (Agrupadas as Categorias 1 e 2), Plana (Categoria 3) e Convexa (Agrupadas as Categorias 4 e 5) Iluminadas por Cima, por Baixo, pela Direita e pela Esquerda e na Posição Invertida, Iluminada por Baixo, por 40 Participantes, em 400 Observações do Estímulo

Iluminação	Categoria	Policromada (%)	Monocromada (%)
Por cima	Côncavo	32,5	27,5
	Plano	17,5	12,5
	Convexo	50,0	60,0
Por baixo	Côncavo	15,0	7,5
	Plano	7,5	0,0
	Convexo	77,5	92,5
Pela direita	Côncavo	30,0	15,0
	Plano	5,0	5,0
	Convexo	65,0	80,0
Pela esquerda	Côncavo	15,0	20,0
	Plano	0,0	2,5
	Convexo	85,0	77,5
Invertida iluminada por baixo	Côncavo	40,0	45,0
	Plano	12,5	15,0
	Convexo	47,5	40,0

As estimativas em centímetros da profundidade da máscara côncava obtidas por meio da trena foram submetidas a uma ANOVA de medidas repetidas (2 cores x 5 direções de iluminação). A análise estatística não indicou efeito para a cor da máscara $F_{(1,39)}=0,22; p>0,05$, mas ocorreu um efeito principal para a variável direção da fonte de iluminação $F_{(4,156)}=11,35; p<0,05$. Não foi observado efeito de interação significativo entre as variáveis cor da máscara e direção da fonte de iluminação.

Os resultados das comparações aos pares entre as médias obtidas para a percepção da profundidade ou relevo de estereogramas da máscara côncava iluminada em diferentes direções revelaram diferenças significativas para os seguintes pares de máscaras côncavas: monocromada iluminada por cima (média de 2,21 cm) e monocromada iluminada por baixo (média de 6,64 cm; $p=0,01$); monocromada iluminada por cima (média de 2,21 cm) e monocromada iluminada pela direita (média

de 5,90 cm; $p=0,01$); monocromada iluminada por cima (média=2,21cm) e monocromada invertida iluminada por baixo (média de -1,43cm, $p=0,04$); monocromada iluminada por baixo (média de 6,64 cm) e monocromada invertida iluminada por baixo (média de -1,43cm; $p=0,01$); policromada iluminada por cima (média de 2,40 cm) e policromada iluminada por baixo (média de 4,91 cm; $p=0,04$); policromada iluminada por cima (média de 2,40 cm) e policromada iluminada pela esquerda (média de 6,16 cm; $p=0,02$); policromada iluminada por baixo (média de 4,91) e policromada invertida iluminada por baixo (média de 0,30; $p=0,01$); policromada iluminada pela esquerda (média de 6,16 cm) e policromada invertida iluminada por baixo (média de 0,30 cm; $p=0,01$). Levando em consideração estes resultados, ressalta-se que: (a) as máscaras côncavas policromada e monocromada foram percebidas como mais profundas quando foram apresentadas na condição de iluminação por baixo comparativamente às vezes

em que foram apresentadas com iluminação por cima da cabeça; (b) as menores estimativas de profundidade em centímetros foram atribuídas às máscaras côncavas tanto policromada quanto monocromada quando apresentadas na posição invertida iluminada por baixo da cabeça, em relação a outras condições de iluminação da máscara.

Na Figura 2 mostram-se graficamente as estimativas médias e erros-padrão da profundidade ou relevo percebido

entre a ponta do nariz e a base da face das máscaras côncavas policromada e monocromada para as categorias: plenamente côncavo (C1), moderadamente côncavo (C2), plano (C3), moderadamente convexo (C4) e plenamente convexo (C5), independentemente da direção da fonte de iluminação. Na figura também são apresentadas as frequências de respostas a cada categoria que possibilitam ratificar as tendências das frequências relativas da Tabela 1.

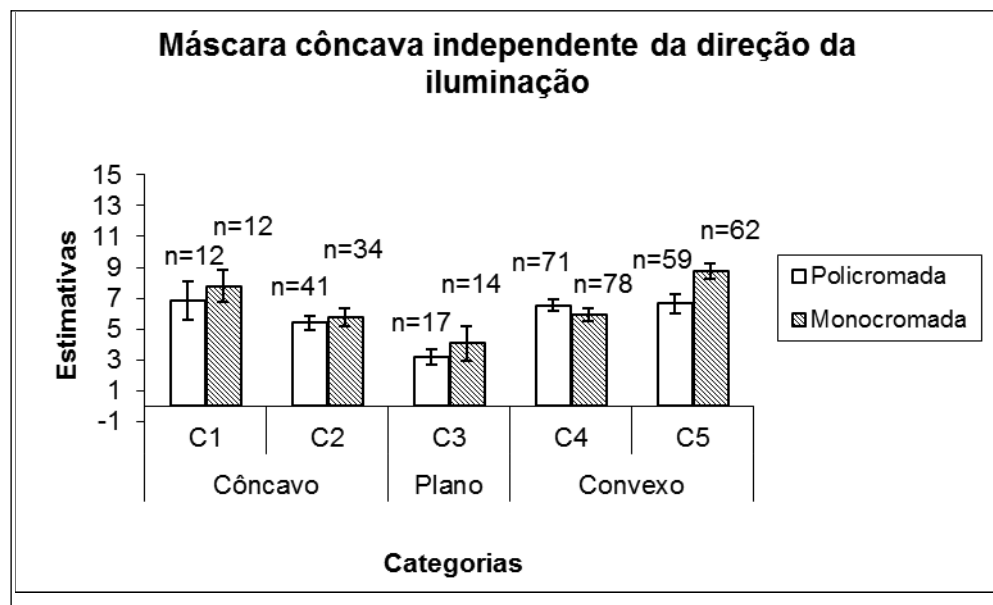


Figura 2. Estimativas médias e erros-padrão da profundidade percebida entre o nariz e a base da face da máscara côncava monocromada e policromada, independente da direção da fonte de iluminação, para as categorias: plenamente côncavo (C1), moderadamente côncavo (C2), plano (C3) moderadamente convexo (C4) e plenamente convexo (C5), por 40 participantes em 400 apresentações dos estímulos. n = frequência de respostas por categoria.

Como podem ser observados na figura, os valores da profundidade ou relevo obtidos das máscaras côncavas policromada e monocromada para as categorias côncavo e convexo ficaram em torno de 7 cm, um pouco menos profunda do que os 8 cm de concavidade física da máscara. Também pode ser observado que, quando a máscara foi julgada como plana, 6,5% dos participantes atribuíram-lhe profundidade ou relevo, com valores por volta de 4 cm. Destes resultados depreende-se que, mesmo que as fotografias das máscaras tenham sido percebidas como planas, remeteram a uma aparência de faces tridimensionais, o que implica na atuação de fatores cognitivos nos julgamentos de imagens de faces.

A fim de avaliar a função da orientação da máscara nos julgamentos de profundidade e relevo, na Figura 3 apresentam-se graficamente as estimativas médias e erros padrão da profundidade ou relevo percebido entre a ponta do nariz e a base da face da máscara côncava policromada e monocromada nas posições vertical iluminada por cima e invertida iluminada por baixo para as seguintes categorias: plenamente côncavo (C1), moderadamente côncavo (C2),

plano (C3), moderadamente convexo (C4) e plenamente convexo (C5).

Observa-se a tendência de médias maiores dos julgamentos de profundidade ou relevo para as categorias côncava e convexa extremas. Os padrões de resultados das Figuras 3 são semelhantes aos apresentados na Figura 2.

Na Tabela 2 mostram-se as frequências relativas dos julgamentos para a máscara côncava policromada e monocromada nas posições vertical iluminada por cima da cabeça e invertida iluminada por baixo. Dentre os participantes, 50% perceberam a máscara côncava policromada como convexa quando foi esta foi apresentada na posição vertical iluminada por cima da cabeça e 47,5% quando foi apresentada na posição invertida iluminada por baixo. E 60% perceberam a máscara côncava monocromada como convexa quando foi apresentada na posição vertical iluminada por cima da cabeça e 40% quando foi apresentada na posição invertida iluminada por baixo. Em média, metade dos observadores julgou a máscara côncava como convexa, independentemente da cor ou orientação da máscara nos estereogramas.

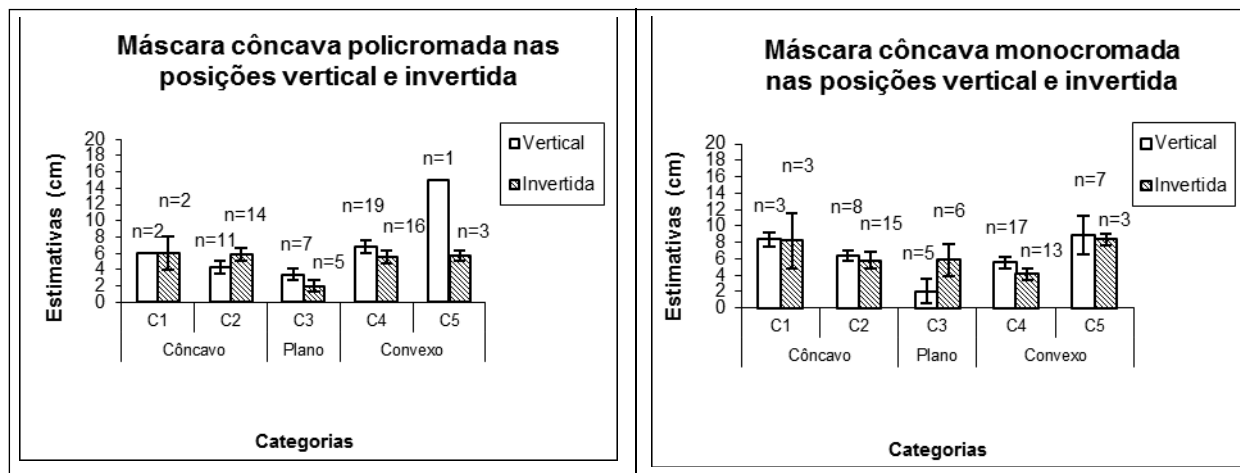


Figura 3. Estimativas médias e erros padrão da profundidade ou relevo percebido entre o nariz e a base da face das máscaras côncavas policromada e monocromada na posição vertical iluminada por cima da cabeça e na posição invertida iluminada por baixo para as categorias: plenamente côncavo (C1), moderadamente côncavo (C2), plano (C3), moderadamente convexo (C4) e plenamente convexo (C5), por 40 participantes. *n* = frequência de respostas por categoria.

Tabela 2

Frequências Relativas (%) dos Julgamentos para a Máscara Policromada e Monocromada como Côncavo (Agrupadas as Categorias 1 e 2), Plano (Categoria 3), Convexo (Agrupadas as Categorias 4 e 5) nas Posições: Vertical Iluminada por Cima da Cabeça e Invertida Iluminada por Baixo, por 40 Participantes

Posição da máscara	Categoria	Policromada (%)	Monocromada (%)
Vertical	Côncavo	32,5	27,5
	Plano	17,5	12,5
	Convexo	50,0	60,0
Invertida	Côncavo	40,0	45,0
	Plano	12,5	15,0
	Convexo	47,5	40,0

Ao comparar a profundidade ou relevo de estereogramas da máscara côncava policromada nas posições vertical iluminada por cima e invertida iluminada por baixo, não existem evidências que sugiram que o posicionamento da máscara côncava policromada observada estereoscopicamente afete a percepção da sua profundidade ou relevo: $t(39)=1,59; p>0,05$. No entanto, para os estereogramas da máscara côncava monocromada apresentada binocularmente nas posições vertical iluminada por cima e invertida iluminada por baixo, existem evidências que sugerem que o posicionamento da máscara monocromada afete a percepção de sua profundidade ou relevo: $t(39)=2,12; p<0,05$.

A análise dos resultados indica que a ilusão da máscara côncava é robusta, mas esta propriedade se reduz quando esta é apresentada na condição monocromada na posição invertida iluminada por baixo da cabeça.

Discussão

A maioria dos participantes realizou a inversão da profundidade da máscara côncava observada estereoscopicamente, corroborando as informações da literatura sobre o assunto, que divulga que objetos côncavos com padrões ambíguos de sombreamento são geralmente percebidos como convexos (Hill & Bruce, 1994; Hill & Johnston, 2007; Langer & Bülhoff, 2001). Ao observar a máscara côncava, os olhos dos participantes convergiram para a face ilusória subjetiva e isso proporcionou-lhes a ilusão (Hoffmann & Sebald, 2007).

Ainda que a percepção da direção da fonte de iluminação vinda por cima dos objetos seja uma informação crucial para a percepção da sua profundidade ou relevo (Kleffner & Ramachandran, 1992; Ramachandran, 1988), na ilusão da máscara côncava a percepção da direção

da fonte de iluminação se inverte para dar lugar à percepção da face convexa. Assim, uma máscara côncava posicionada verticalmente e iluminada objetivamente por cima da cabeça é percebida como convexa com fonte de iluminação por baixo (Hill & Bruce, 1993). Este fenômeno aponta para a superposição dos processos *top-down*, relacionados ao conhecimento de faces convexas, sobre os processos *bottom-up*, relativos aos inputs sensoriais (Gregory, 1997a, 1997b). Provavelmente esta habilidade para o reconhecimento de faces aprimorou-se ao longo da filogênese e ontogênese, devido a sua importância para a sobrevivência da espécie e do indivíduo, respectivamente (Darwin, 1871/1998).

Segundo as observações de Hill e Johnston (2007), a orientação da máscara côncava na posição vertical, normal e a percepção da direção da fonte de iluminação por cima da cabeça são padrões de familiaridade que facilitam a ilusão reduzindo as distâncias requeridas para a sua formação. Na presente pesquisa, não foram consideradas as distâncias para a formação da ilusão, mas a avaliação da profundidade ou relevo de estereogramas da máscara côncava. A orientação da fonte de iluminação e o posicionamento da máscara não afetaram os julgamentos do reverso da máscara como côncava, plano ou convexo, conforme as categorizações das respostas. Resultados semelhantes foram obtidos por Quaglia e Fukusima (2009) com a máscara côncava policromada ou monocromada iluminada em diversas direções, sob diferentes posições, localizada no interior de uma câmara, e observada monocularmente através do visor.

Hill e Johnston (2007) ainda observaram que a máscara côncava apresentada na cor bege sem a interferência de ruídos foi percebida como mais convexa do que o estímulo apresentado na tonalidade cinza-médio na presença de ruídos. No presente trabalho, estereogramas da máscara policromada bege, com a demarcação de olhos, sobrancelhas e boca, sem textura de ruído, foram comparados aos do reverso da máscara pintado na tonalidade cinza-médio. A maioria dos observadores julgou a máscara como convexa, independente da cor. Em centímetros, a percepção da profundidade da face policromada com a demarcação dos olhos, sobrancelhas e boca também não diferiu da monocromada. É possível que a cor e os detalhes demarcados não sejam fatores sobressalentes para o reconhecimento da face. A forma parece ser o elemento preponderante para esse reconhecimento.

A máscara côncava foi percebida como um pouco menos profunda do que a sua concavidade física. Hartung, Franz, Kersten e Bülthoff (2001) e Hartung, Schrater, Bülthoff, Kersten e Franz (2005), em tarefas sobre percepção do objeto e ação dirigida ao objeto, já tinham alertado para o fato de a máscara côncava ser percebida com uma profundidade menor do que sua profundidade física.

Também pode ser observado que alguns participantes atribuíram certa profundidade ou relevo em centímetros para a máscara côncava percebida como plana. Depreende-se daí que, mesmo que as fotografias das máscaras tenham

sido percebidas como planas, remeteram a um aspecto de faces tridimensionais, o que sugere a atuação de fatores cognitivos nos julgamentos de imagens de faces.

Por outro lado, as máscaras côncavas policromada e monocromada foram percebidas como mais profundas e receberam os maiores pontuações em centímetros todas as vezes que foram apresentadas na condição vertical com fonte de iluminação por baixo da cabeça, comparativamente às de condição vertical com fonte de iluminação por cima. Ao observar uma máscara côncava na posição vertical iluminada por baixo da cabeça, ocorre uma inversão binocular da profundidade e a direção da fonte de iluminação é percebida por cima da cabeça convexa ilusória. Devido à iluminação solar, apropriadamente, o cérebro sempre leva em consideração uma fonte de luz vinda naturalmente por cima da cabeça (Hill & Bruce, 1993). Ademais, uma fonte de iluminação percebida por baixo da cabeça confere à face uma aparência não natural (Yoshida, 2006), fantasmagórica.

As estimativas para a máscara monocromada nas posições vertical iluminada por cima e invertida iluminada por baixo apresentaram evidências que sugeriram que o posicionamento da máscara afetou a percepção de sua profundidade ou relevo. Corroborando com este resultado, Yoshida (2006) encontrou uma ilusão mais forte advinda da imagem estereoscópica da máscara côncava monocromada apresentada na posição vertical comparativamente ao reverso da máscara apresentado na posição invertida, por meio de uma metodologia psicofísica.

Diferente do que ocorre com as figuras circulares quando se inverte a direção da fonte de iluminação que, de convexas passam a ser percebidas como côncavas (Champion & Adams, 2007; Kleffner & Ramachandran, 1992; Quaglia & Fukusima, 2006; Ramachandran, 1988; Thomas et al., 2010), a máscara côncava é percebida como convexa, independente da direção da fonte de iluminação. A ilusão da máscara côncava é um fenômeno robusto.

Conclusões

A percepção de faces tridimensionais convexas é tão imperativa que ocorre uma inversão visual da profundidade e uma inversão na direção da iluminação ao observar uma máscara côncava iluminada objetivamente por baixo. A máscara côncava é percebida como uma face convexa, normal, com fonte de iluminação por cima da cabeça, como ocorre no mundo natural. Máscaras côncavas policromadas ou monocromadas apresentadas estereoscopicamente são julgadas como mais profundas quando apresentadas na posição vertical com a fonte de iluminação percebida por cima da cabeça. Menores profundidades ou relevos em centímetros são-lhes atribuídas quando apresentadas fisicamente na posição invertida iluminadas por baixo da cabeça, em relação a outras condições de iluminação e posição da máscara.

Detalhes como a cor da máscara e características da face não parecem ser relevantes para a inversão visual da

profundidade da máscara côncava. Também não interferem na percepção da sua profundidade ou relevo. A forma da face côncava parece ser um fator que prevalece sobre os demais para o reconhecimento da face.

A inversão visual da profundidade na ilusão da máscara côncava é um fenômeno robusto e resiste às diferenças na apresentação do estímulo como a cor, a direção da fonte de iluminação incidente e a posição da máscara. No entanto, são necessárias novas pesquisas sobre a percepção métrica da profundidade ou relevo da máscara côncava apresentada estereoscopicamente sob variações nas condições de cor, iluminação e rotação para que se possam comparar os resultados obtidos aqui. Também seria de grande valia a investigação do tempo de reação para a inversão binocular da profundidade da máscara côncava apresentada objetivamente.

Esta pesquisa amplia os conhecimentos sobre a ilusão da máscara côncava sob observação estereoscópica em indivíduos saudáveis. Possibilita, ainda, o entendimento de uma pequena parcela do funcionamento do sistema visual e cognitivo, processo *top-down*, sobre faces.

Referências

- Champion, R. A., & Adams, W. J. (2007). Modification of the convexity prior but not the light-from-above prior in visual search with shaded objects. *Journal of Vision*, 7(13), 1-10. doi:10.1167/7.13.10
- Darwin, C. (1998). *The descent of man*. Amrerst, NY: Prometheus. (Original work published 1871)
- Gregory, R. L. (1997a). Knowledge in perception and illusion. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 352(1358), 1121-1128. doi:10.1098/retb.11997.0095
- Gregory, R. L. (1997b). Visual illusions classified. *Trends in Cognitive Sciences*, 1(5), 190-194. doi:10.1016/S1364-6613(97)01060-7
- Gregory, R. L., & Gombrich, E. H. (1980). *Illusion in nature and art*. New York: Charles Scribner's Sons.
- Hartung, B., Franz, V. H., Kersten, D., & Bühlhoff, H. H. (2001). Is the motor system affected by the hollow-face illusion? *Journal of Vision*, 1(3), 256. doi:10.1016/brainres.2005.01.107
- Hartung, B., Schrater, P. R., Bühlhoff, H. H., Kersten, D., & Franz, V. H. (2005). Is prior knowledge of object geometry used in visually guided reaching? *Journal of Vision*, 5(6), 504-514. doi:10.1167/5.6.2
- Hill, H., & Bruce, V. (1993). Independent effects of lighting, orientation, and stereopsis on the hollow-face illusion. *Perception*, 22(88), 887-897. doi:10.1068/p220887
- Hill, H., & Bruce, V. (1994). A comparison between the hollow-face and "hollow-potato" illusions. *Perception*, 23(11), 1335-1337. doi:10.1068/p231335
- Hill, H., & Johnston, A. (2007). The hollow-face illusion: Object-specific knowledge, general assumptions or properties of stimulus? *Perception*, 36(2), 199-223. doi:10.1068/p5523
- Hoffmann, J., & Sebal, A. (2007). Eye vergence is susceptible to the hollow-face illusion. *Perception*, 36(3), 461-470. doi:10.1068/p5549
- Kleffner, D. A., & Ramachandran, V. S. (1992). On the perception of shape from shading. *Perception & Psychophysics*, 52, 18-36.
- Langer, M. S., & Bühlhoff, H. H. (2001). A prior for global convexity in local shape-from-shading. *Perception*, 30(4), 403-410. doi:10.1068/p3178
- Papathomas, T. V., & Bono, L. M. (2004). Experiments with a hollow mask and a reverspective: Top-down influences in the inversion effect for a 3-D stimuli. *Perception*, 33(9), 1129-1138. doi:10.1068/p5086
- Quaglia, M. A. C., & Fukusima, S. S. (2006). A inversão de profundidade visual em faces côncavas. *Psicologia USP*, 17(4), 87-101. doi:10.1590/50103-65642006000400005
- Quaglia, M. A. C., & Fukusima, S. S. (2009). Cor, iluminação e orientação do reverso de uma máscara facial não afetam a ilusão da máscara côncava. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 14(2), 97-105. doi:10.1590/S1413-294X2009000200002
- Ramachandran, V. S. (1988). Perceiving shape from shading. *Scientific American*, 255(2), 676-683.
- Thomas, R., Nardini, M., & Mareschal, D. (2010). Interactions between "light-from-above" and convexity priors in visual development. *Journal of Vision*, 10(8), 1-7. doi:10.1167/10.8.6
- Yellott, J. I., & Kaiwi, J. L. (1979). Depth inversion despite stereopsis: The appearance of random-dot stereograms on surfaces seen in reverse perspective. *Perception*, 8(2), 135-142. doi:10.1068/p080135
- Yoshida, H. (2006). The effects of facial texture, stimulus orientation and light direction on the hollow-face illusion. *Bulletin of the Graduate School of Education, Hiroshima University, Education and Human Science*, 55, 321-329.

Recebido: 02/10/2013
1ª revisão: 1º/12/2013
2ª revisão: 30/05/2014
Aceite final: 18/07/2014