

Percepção da profundidade

Percepção visual

S. Mogo

Departamento de Física
Universidade da Beira Interior

2020 / 21

Atenção: esta apresentação inclui animações que podem não funcionar em todos os leitores de pdf.

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

- 1 Visão binocular
 - Níveis de VB
 - Importância da VB
- 2 Pistas monoculares e pistas binoculares
 - Pistas monoculares
 - Pistas binoculares
 - As pistas funcionam sempre?
- 3 Constância do tamanho
 - Ilusões de tamanho
 - Contraste do tamanho
- 4 Constância da forma
- 5 Estereoacuidade
 - Quantificação da estereópsia
 - Influência da iluminação, excentricidade e $t_{\text{exposição}}$ na estereoacuidade
 - Estereogramas

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Outline

- 1 Visão binocular
 - Níveis de VB
 - Importância da VB
- 2 Pistas monoculares e pistas binoculares
 - Pistas monoculares
 - Pistas binoculares
 - As pistas funcionam sempre?
- 3 Constância do tamanho
 - Ilusões de tamanho
 - Contraste do tamanho
- 4 Constância da forma
- 5 Estereoacuidade
 - Quantificação da estereópsia
 - Influência da iluminação, excentricidade e $t_{\text{exposição}}$ na estereoacuidade
 - Estereogramas

Visão binocular

A qualidade da **visão binocular** pode ser avaliada consoante a presença de 3 processos:

- **percepção macular simultânea;**
- **fusão;**
- **estereópsia.**



MUITO IMPORTANTE:

Estes conceitos foram já apresentados em disciplinas anteriores. Antes de iniciar o estudo deste capítulo, é imprescindível efectuar uma revisão destes e outros conceitos associados à visão binocular, *p.ex.*, em

<http://webx.ubi.pt/~smogo/disciplinas/alunos/visaoBin.pdf>.

Visão binocular

O que pode acontecer com as imagens provenientes dos 2 olhos?

- fusão;
- supressão;
- diplopia;
- rivalidade retiniana.



MUITO IMPORTANTE:

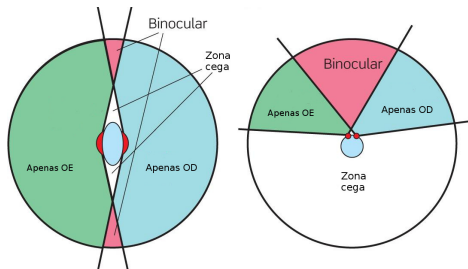
Estes conceitos foram já apresentados em disciplinas anteriores. Antes de iniciar o estudo deste capítulo, é imprescindível efectuar uma revisão destes e outros conceitos associados à visão binocular, *p.ex.*, em

<http://webx.ubi.pt/~smogo/disciplinas/alunos/visaoBin.pdf>.



Importância da VB

Presa / predador



Adaptado de Snowden, Thompson, Troscianko. Basic vision: an introd. to visual perception. 2012.

Importância da VB

Percepção do espaço

Importância da VB

Percepção do espaço

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Outline

- 1 Visão binocular
 - Níveis de VB
 - Importância da VB
- 2 Pistas monoculares e pistas binoculares
 - Pistas monoculares
 - Pistas binoculares
 - As pistas funcionam sempre?
- 3 Constância do tamanho
 - Ilusões de tamanho
 - Contraste do tamanho
- 4 Constância da forma
- 5 Estereoacuidade
 - Quantificação da estereópsia
 - Influência da iluminação, excentricidade e $t_{\text{exposição}}$ na estereoacuidade
 - Estereogramas

- Pistas monoculares
- Pistas binoculares
- Pistas funcionam sp?

Ilusões de tamanho
Contraste tamanho

Estereoacuid.

Quantificação
Fact. q influenciam
Estereogramas

Muitas vezes diz-se que para haver percepção da profundidade é necessário possuir 2 olhos.

↓

Na verdade, tb é possível ter a sensação de profundidade recorrendo apenas a 1 olho — **pistas monoculares**.

(estas pistas podem ser utilizadas quer monocular, quer binocularmente)

Pistas para percepção da profundidade	Monoculares	Ilustração	Tamanho relativo Tamanho de objectos conhecidos Perspectiva linear Textura Sobreposição de contornos Claridade/Focagem Distribuição de luzes e sombras
		Declinação angular Paralaxe e movi/. relativo Acomodação	
	Binoculares	Convergência Estereópsia	

Pistas monoculares

Ilustração: tamanho relativo

Tamanho da imagem sobre a retina:



<http://kootation.com>

Exemplo: 2 balões em campo vazio (maioria dos observadores assume que o balão que produz > imagem na retina, está + próximo).

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

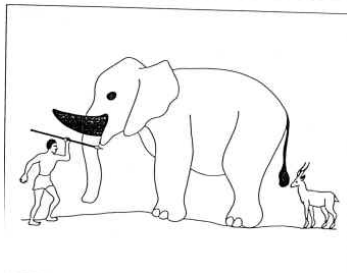
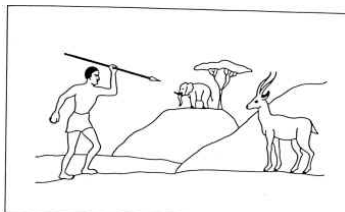
Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Pistas monoculares

Ilustração: tamanho de objectos conhecidos



Pistas monoculares

Ilustração: perspectiva linear

Assumimos que a parte superior das imagens está + afastada:



Esta pista está relacionada com a pista de tamanho relativo:

- assumimos que as barras horizontais da linha de comboio são todas iguais;
- como as superiores formam uma imagem < na retina, concluímos que estão + afastadas.

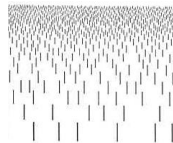
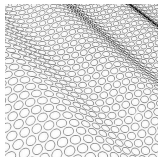


<http://www.studyblue.com>

Pistas monoculares

Ilustração: textura

Objectos + densos e pequenos são percebidos como + afastados.



www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/depth/depth-size.html

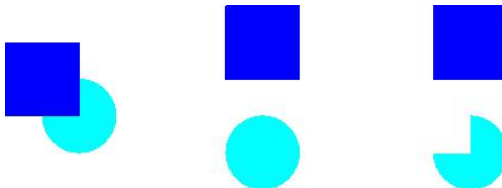


Esta pista também está relacionada com a pista de tamanho relativo.

Pistas monoculares

Ilustração: sobreposição de contornos

Ocorre quando um objecto bloqueia a visão de outro.



O objecto bloqueado é percebido como estando + afastado.

Pistas monoculares

Ilustração: claridade/focagem

Numa fotografia ou num cenário real, os objectos + nítidos são percebidos como estando + próximos do que aqueles vistos através de nevoeiro / chuva / fumo / ...



Pistas monoculares

Ilustração: distribuição de luzes e sombras

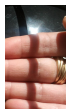
Quando a luz incide num objecto, este forma uma sombra situada no lado oposto à fonte de luz, criando a sensação de profundidade.



www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/depth/depth-size.html

Pode ser utilizado para encontrar elevações e depressões:

Exemplo: utilização da iluminação em forma de fenda na oftalmoscopia ou na biomicroscopia.



V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereocuid.

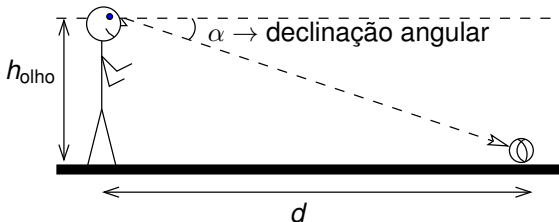
Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Pistas monoculares

Declinação angular



Pistas monoculares

Paralaxe e movimento relativo

Quando o observador se move, os objectos + afastados aparentam mover-se + lentamente que os objectos próximos.

Exemplo: dentro de um carro em movimento, compare o movimento das montanhas longínquas com o movimento dos objectos próximos da beira da estrada.

www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/depth/depth-size.html

Utilidade: oftalmoscopia (movimentos com/contra de opacidades).

Pistas binoculares

Convergência

As diferenças de profundidade podem ser apreciadas através do *esforço de convergência* que necessitam.



<http://www.anavicenteymas.com/category/salud-visual/page/2>

Pistas binoculares

Estereópsia

Para além da **percepção macular simultânea** e da **fusão**, a visão binocular só chega a atingir a máxima qualidade se existir também **estereópsia**.



Estereópsia → capacidade de avaliar distâncias relativas dos objectos apenas por meio da VB.

- É um elemento fortemente importante na apreciação do relevo;
- depende de pequenas diferenças entre as posições das imagens de 1 objecto sobre as retinas dos 2 olhos.

Se as imagens retinianas são muito diferentes \Rightarrow não há fusão

Se as imagens retinianas são exactamente iguais \Rightarrow não há percepção de profundidade



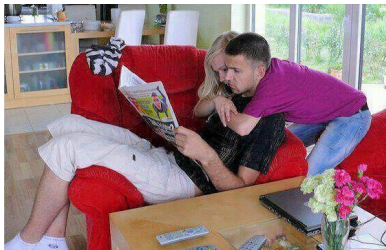
alguma **disparidade retiniana** é imprescindível para a existência de estereópsia

(esta disparidade deve-se a que os olhos estão separados de alguns cm segundo a horizontal — DIP)

As pistas funcionam sempre?

Ambiguidade

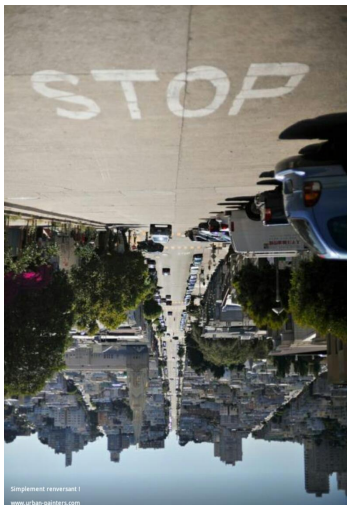
Rapaz abraça rapariga! Ou... rapariga abraça rapaz! (?)



As pistas funcionam sempre?

Aprendizagem

Rua sobe ou rua desce?



As pistas funcionam sempre?

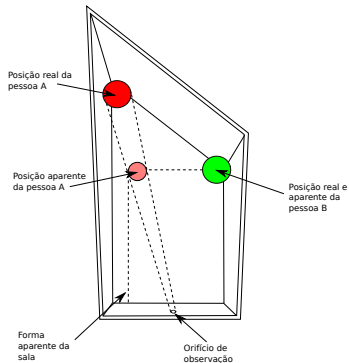
Aprendizagem

Rua sobe ou rua desce?



As pistas funcionam sempre?

Sala de Ames

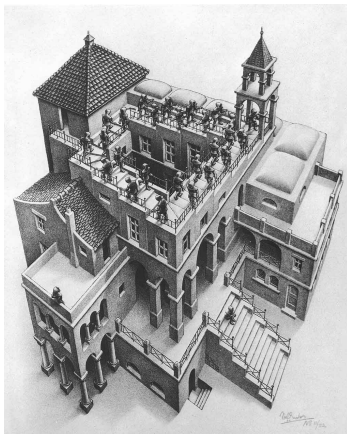


http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Ames_room.svg

As pistas funcionam sempre?

O maravilhoso mundo de Maurits Escher

A obras 2D de Escher representam frequentemente situações impossíveis num mundo 3D.



V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

As pistas funcionam sempre?

O maravilhoso mundo de Maurits Escher



As pistas funcionam sempre?

E também o mundo das pinturas de rua de Julian
Beever



As pistas funcionam sempre?

E também o mundo das pinturas de rua de Julian Beever



As pistas funcionam sempre?

E também o mundo das pinturas de rua de Julian Beever



As pistas funcionam sempre?

E também o mundo das pinturas de rua de Julian Beever



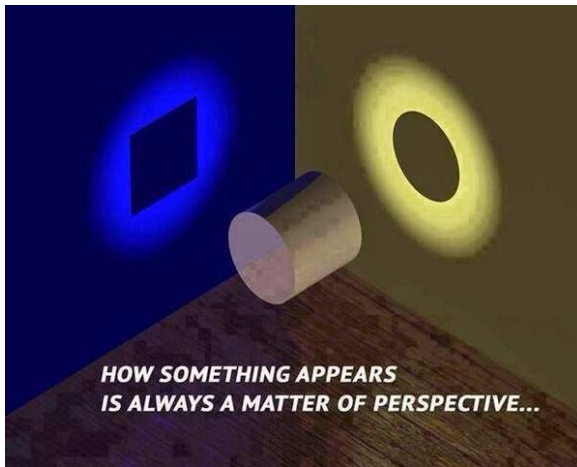
As pistas funcionam sempre?

E também o mundo das pinturas de rua de Julian Beever



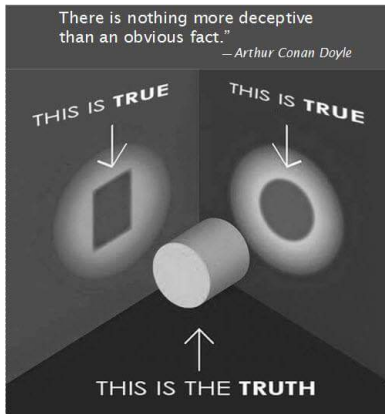
As pistas funcionam sempre?

O que as coisas parecem é sempre uma questão
de perspectiva

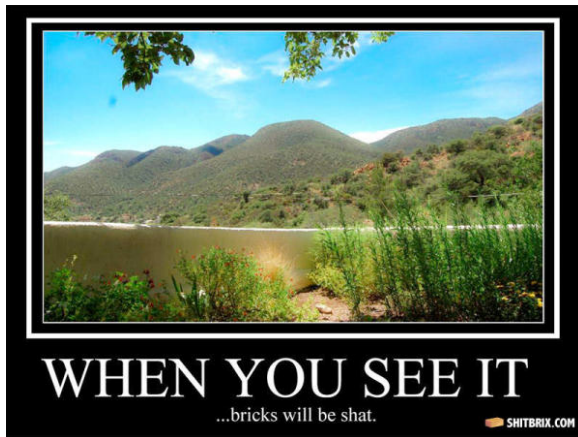


As pistas funcionam sempre?

O que as coisas parecem é sempre uma questão de perspectiva



As pistas funcionam sempre?



V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

As pistas funcionam sempre?



V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

As pistas funcionam sempre?



V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

As pistas funcionam sempre?



V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

As pistas funcionam sempre?



V. binocular

Níveis de VB
Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares
Pistas binoculares
Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho
Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação
Fact. q influenciam
Estereogramas

Outline

- 1 Visão binocular
Níveis de VB
Importância da VB
- 2 Pistas monoculares e pistas binoculares
Pistas monoculares
Pistas binoculares
As pistas funcionam sempre?
- 3 Constância do tamanho
Ilusões de tamanho
Contraste do tamanho
- 4 Constância da forma
- 5 Estereoacuidade
Quantificação da estereópsia
Influência da iluminação, excentricidade e $t_{\text{exposição}}$ na estereoacuidade
Estereogramas

Constância do tamanho

O sistema visual compensa as diferenças de tamanho das imagens retinianas, levando em conta a distância relativa aos objectos — mecanismo de **constância do tamanho**.



Exemplo: à medida que um carro se aproxima de um observador, produz uma imagem retiniana maior, no entanto, o observador não interpreta que o carro está a crescer mas sim que se está a aproximar.

<http://www.youtube.com/watch?v=RKjujP0F9sU>

Quando o mecanismo de constância falha

Quando a interpretação da distância é errada (*p.ex.* numa figura plana), o mecanismo de constância do tamanho pode falhar e então ocorre uma **ilusão de tamanho**.

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

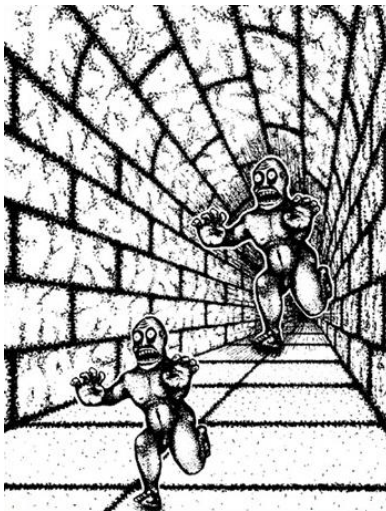
Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Ilusão do corredor



V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

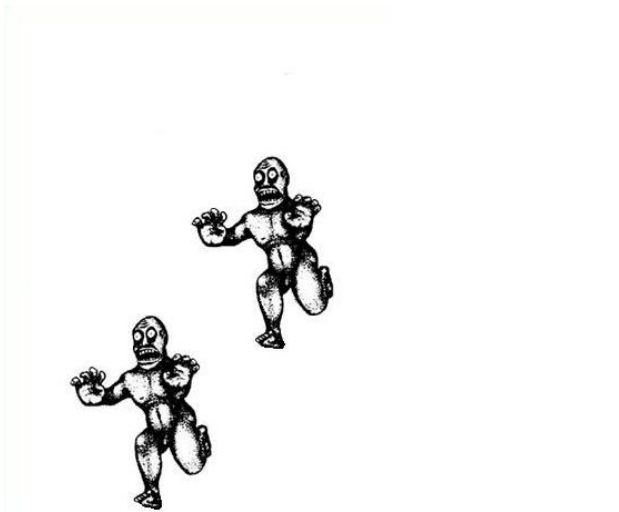
Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Ilusão do corredor



Ilusão de Müller-Lyer

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

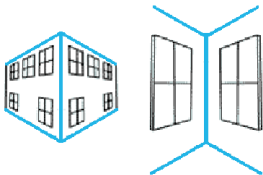
Estereoacuid.

Quantificação

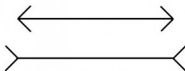
Fact. q influenciam

Estereogramas

A aresta pertencente a um canto interior parece estar + afastada do que aquela pertencente a um canto exterior.

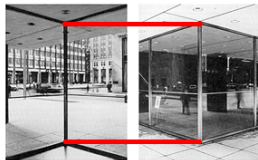
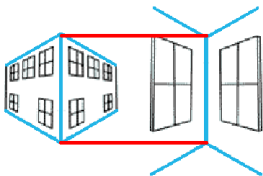


<http://www.rit.edu/cla/qssp400/muller/muller.html>

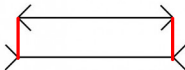


Ilusão de Müller-Lyer

A aresta pertencente a um canto interior parece estar + afastada do que aquela pertencente a um canto exterior.

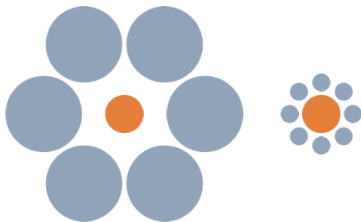


<http://www.rit.edu/cla/qssp400/muller/muller.html>



Contraste do tamanho

Tal como falámos de um mecanismo de contraste sucessivo ou contraste simultâneo para a luminância e para a cor, podemos também falar de **contraste do tamanho**.



Ilusão de Ebbinghaus

O tamanho dos objectos é interpretado tomando como termo de comparação os demais objectos que lhe sejam adjacentes.

Contraste do tamanho

Tal como falámos de um mecanismo de contraste sucessivo ou contraste simultâneo para a luminância e para a cor, podemos também falar de **contraste do tamanho**.



Ilusão de Ebbinghaus

O tamanho dos objectos é interpretado tomando como termo de comparação os demais objectos que lhe sejam adjacentes.

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

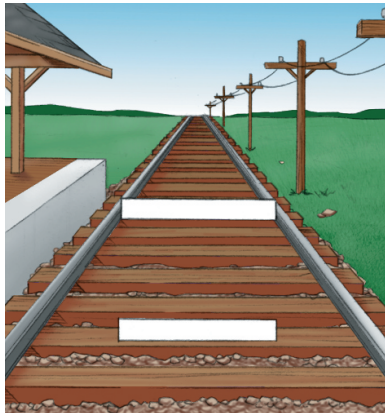
Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Ilusão de Ponzo



http://www.hartnell.edu/faculty/tcarbaja/powerpoint/IMAGES/DC226F06-19_ponzo_illusion.jpg

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Ilusão de Ponzo



http://www.hartnell.edu/faculty/tcarbaja/powerpoint/IMAGES/DC226F06-19_ponzo_illusion.jpg

Ilusão da Lua

Quando vista no horizonte, a Lua parece maior que quando é vista no zénite, no entanto, o tamanho da imagem que a Lua forma na retina é evidentemente o mesmo.



Objectos como árvores, edifícios, etc., que podem ser percebidos quando a Lua está no horizonte mas não quando está no zénite, fazem-na parecer maior.

No entanto, note bem: a ilusão não ocorre se observarmos a Lua quando estamos de cabeça para baixo!



V. binocular

Níveis de VB
Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares
Pistas binoculares
Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho
Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

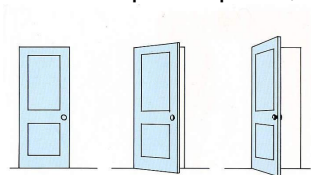
Quantificação
Fact. q influenciam
Estereogramas

Outline

- 1 Visão binocular
 - Níveis de VB
 - Importância da VB
- 2 Pistas monoculares e pistas binoculares
 - Pistas monoculares
 - Pistas binoculares
 - As pistas funcionam sempre?
- 3 Constância do tamanho
 - Ilusões de tamanho
 - Contraste do tamanho
- 4 Constância da forma
- 5 Estereoacuidade
 - Quantificação da estereópsia
 - Influência da iluminação, excentricidade e $t_{\text{exposição}}$ na estereoacuidade
 - Estereogramas

Constância da forma

O sistema perceptual assume a forma dos objectos como um factor pressuposto, independentemente da orientação.



http://www.rhsmpsychology.com/Handouts/shape_constancy.htm

Mudando a perspectiva, o rectângulo que forma a porta deixa de formar na retina a imagem de um rectângulo (uma vez que deixa de possuir ângulos rectos) mas continua a ser percebido como sendo uma porta.

V. binocular

Níveis de VB
Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares
Pistas binoculares
Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho
Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação
Fact. q influenciam
Estereogramas

Outline

- 1 Visão binocular
Níveis de VB
Importância da VB
- 2 Pistas monoculares e pistas binoculares
Pistas monoculares
Pistas binoculares
As pistas funcionam sempre?
- 3 Constância do tamanho
Ilusões de tamanho
Contraste do tamanho
- 4 Constância da forma
- 5 Estereoacuidade
Quantificação da estereópsia
Influência da iluminação, excentricidade e $t_{\text{exposição}}$ na estereoacuidade
Estereogramas

Quantificação da estereópsia

Estereoacuidade ou $AV_{\text{estereoscópica}}$

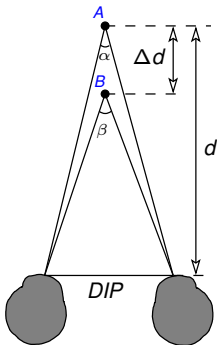
Estereoacuidade ou **AV estereoscópica** → é a menor quantidade de disparidade retiniana horizontal que dá origem à sensação de profundidade relativa.

A, B — pontos situados à distância d e $d - \Delta d$, sendo $d \gg \Delta d$

 α, β — ângulos de convergência

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{DIP}{2d}; \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{DIP}{2(d-\Delta d)}$$

Considerando a distância d muito grande, podemos aplicar a teoria paraxial:



$$\delta = \beta - \alpha$$

$$\approx \frac{DIP}{d - \Delta d} - \frac{DIP}{d}$$

$$= \frac{DIP \Delta d}{d^2 - d \Delta d}, \quad (d \Delta d \ll d^2)$$

$$\sim \frac{DIP \Delta d}{d^2}$$

Quantificação da estereópsia

Estereoaquid. ou $AV_{\text{estereoscópica}}$

$$\delta = \frac{DIP \Delta d}{d^2}$$

→ δ representa o mínimo valor de paralaxe que pode ser percebido



$$AV_{\text{estereosc.}} [\text{rad}] = \frac{d^2}{DIP \Delta d}$$

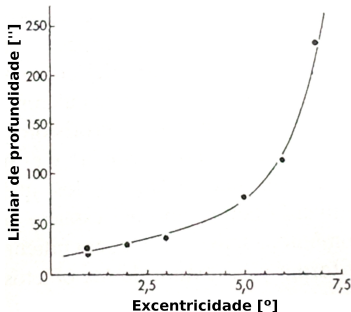


$AV_{\text{estereosc.}}$ é maior, quanto menor for a distância Δd que pode ser vista como uma diferença de profundidade

- Em condições óptimas podem ser detectadas disparidades de 2".

Influência da excentricidade do teste na estereoacuidade

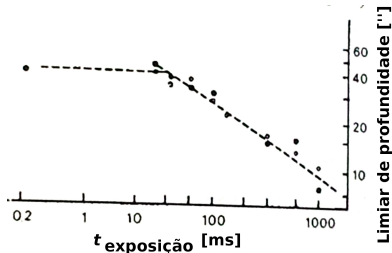
Tal como a AV, a estereoacuidade também diminui à medida que aumenta a excentricidade de apresentação do teste.



Romero Mora,J., Curso introductório a la óptica fisiológica. 1996.

Influência do tempo de exposição na estereoacuidade

A estereoacuidade permanece constante até ao tempo de exposição de 6 ms e aumenta consideravelmente a partir daí.



Romero Mora, J., Curso introductório a la óptica fisiológica. 1996.

Estereogramas

Estereogramas → são imagens que, utilizando qualquer técnica, conseguem provocar a sensação de percepção de profundidade.



- Fotografias tomadas a partir de ângulos ligeira/ \neq ;
- Anaglifos: verde / vermelho, ...;
- Vectogramas: polarização;
- Estereogramas de pontos aleatórios;
- Autoestereogramas;
- Sistemas de lentes lenticulares;
- ...

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

Anaglifos



http://www.3dimages.co.uk/3d_glasses.html

V. binocular

Níveis de VB

Importância da VB

Pistas

Pistas monoculares

Pistas binoculares

Pistas funcionam sp?

Const. tam.

Ilusões de tamanho

Contraste tamanho

Const. forma

Estereoacuid.

Quantificação

Fact. q influenciam

Estereogramas

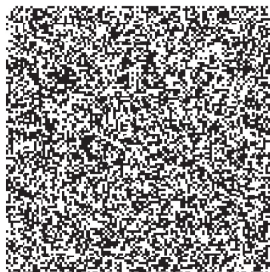
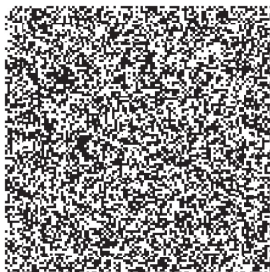
Vectogramas



<http://www.bernell.com/product/2683/>

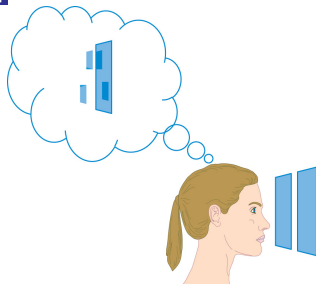
Estereogramas de pontos aleatórios

- Parte dos pontos está distribuída aleatoriamente;
- outra parte está distribuída da mesma maneira em ambas imagens mas apenas ligeiramente deslocados segundo a horizontal.



Snowden, Thompson, Troscianko. Basic vision: an introd. to visual perception. 2012.

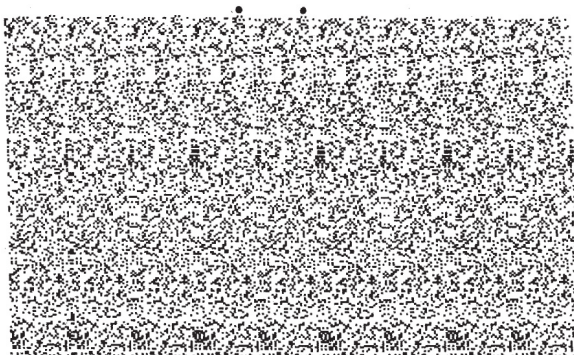
Estereogramas de pontos aleatórios



Snowden, Thompson, Troscianko. Basic vision: an introd. to visual perception. 2012.

Autoestereogramas

- Produzem a ilusão de profundidade utilizando 1 única imagem formada por um padrão de objectos que se repetem;
- funcionam separando o plano de focagem do plano de convergência.

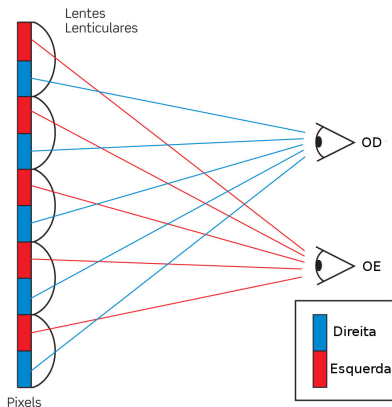


Sistemas de lentes lenticulares

TV 3D

Vantagem: não são necessários óculos.

Desvantagem: posicionamento do observador.

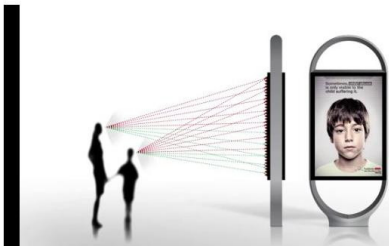


Adaptado de Snowden, Thompson, Troscianko. Basic vision: an introd. to visual perception. 2012.

Sistemas de lentes lenticulares

Campanha maus tratos infantis – Fundación ANAR

Esta campaña es sólo para niños



Si alguien te hace daño,
llámanos y te ayudaremos!

