

**FCT/Unesp – Presidente Prudente**  
**Departamento de Matemática e Computação**

---

# Percepção Humana

---

Prof. Danilo Medeiros Eler  
danilo.eler@unesp.br

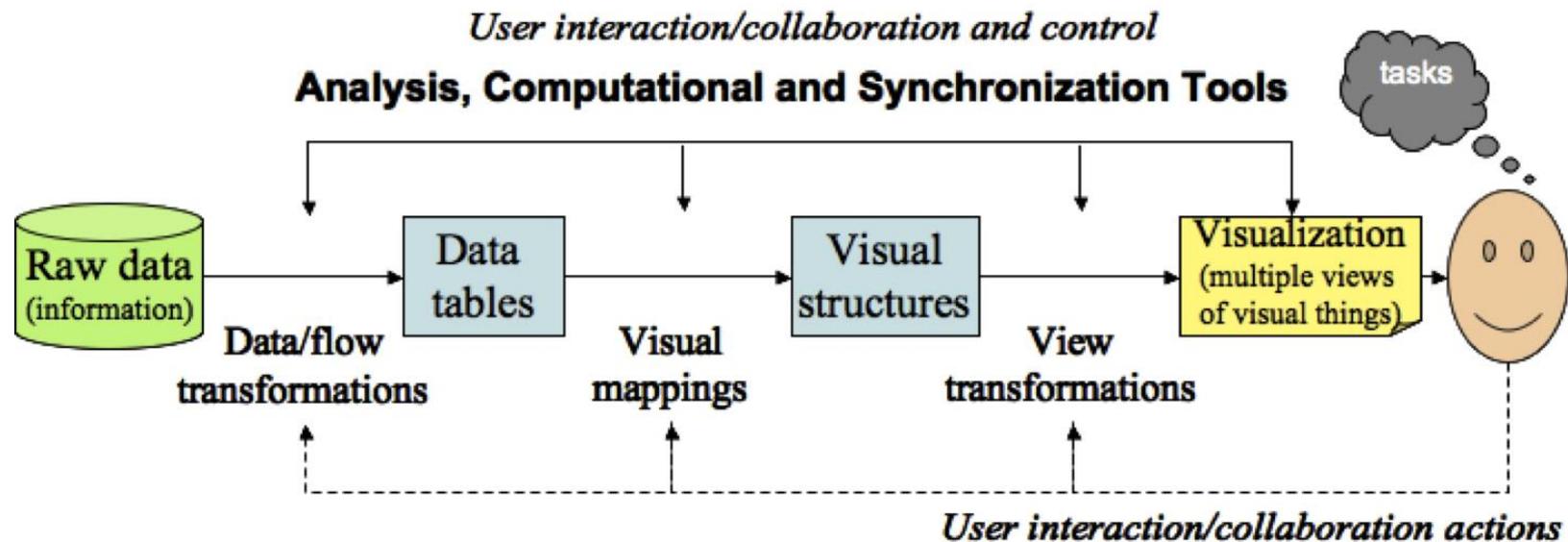
---

# Sumário

- Introdução
- Percepção
- Fisiologia
- Processamento Perceptual
- Métricas

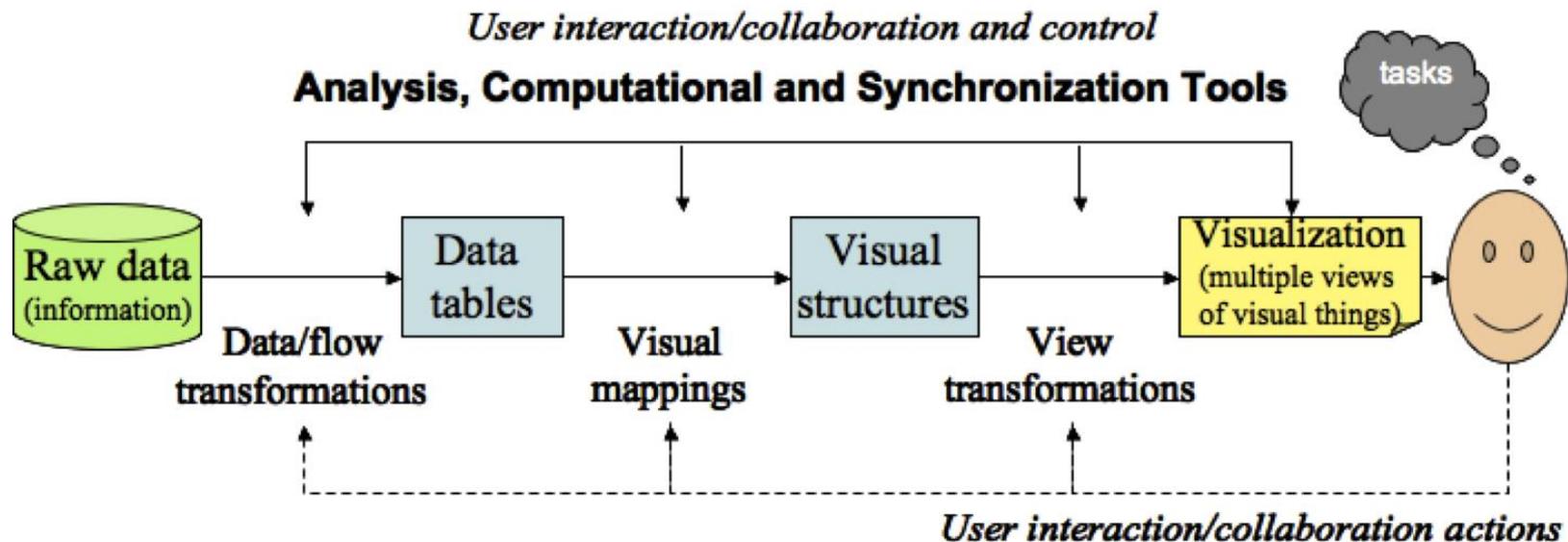
# Introdução

- Pipeline de visualização utilizado pela maioria dos sistemas



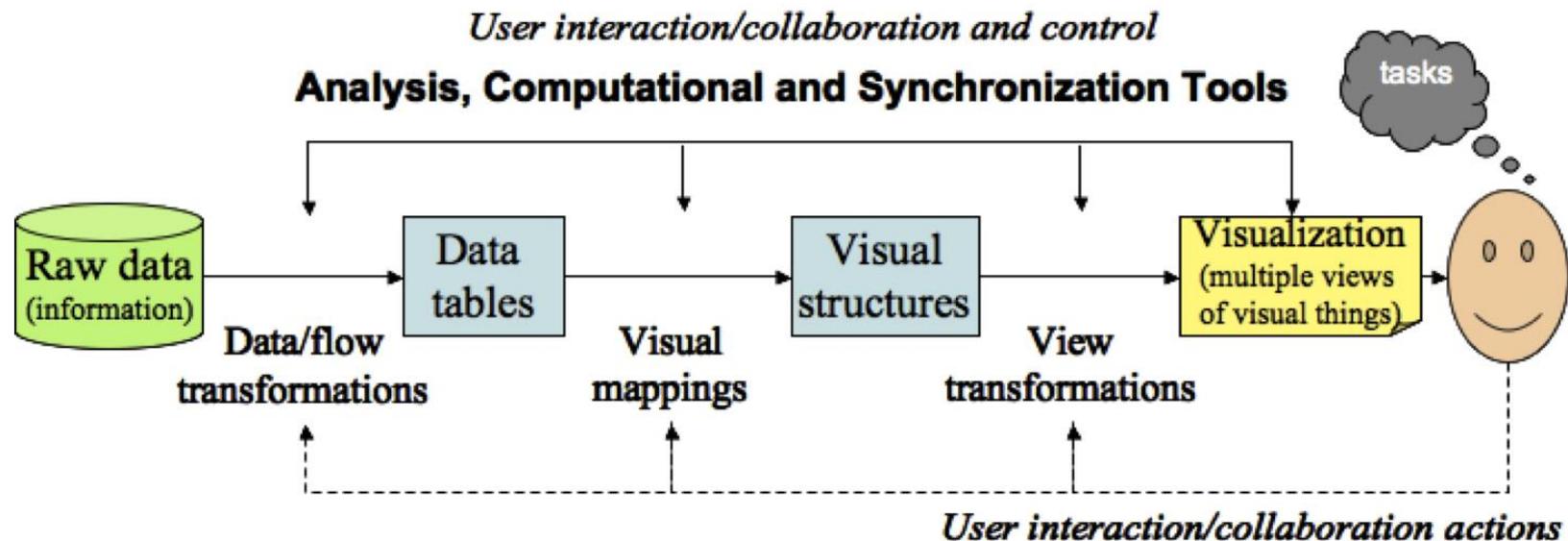
# Introdução

- Como os dados apresentados nas visualizações são percebidos pelos usuários?



# Introdução

- Como podemos garantir que os dados apresentados são compreendidos?

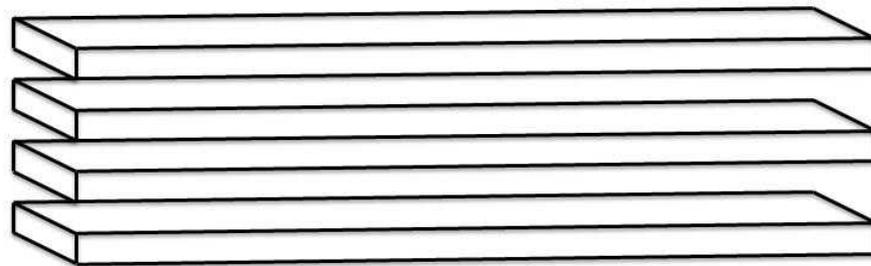
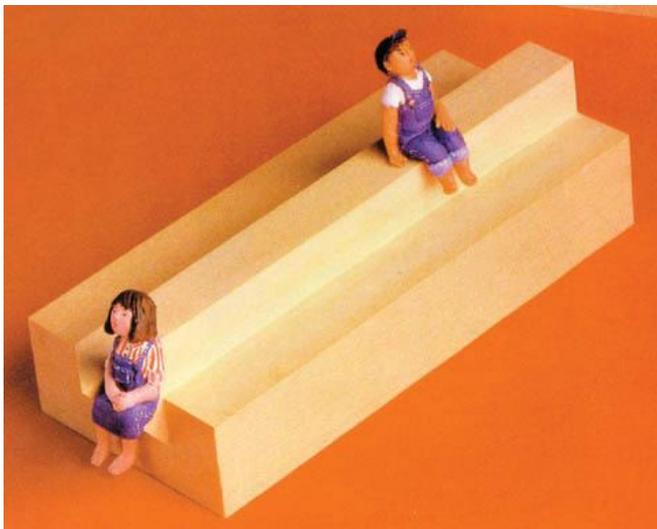


# O que é percepção?

- De modo geral, podemos definir percepção como
  - O processo de reconhecer, organizar e interpretar informações sensoriais
    - É o processo pelo qual interpretamos o mundo ao nosso redor, formando representações mentais do ambiente
- A percepção lida com os sentidos humanos que geram sinais a partir do ambiente

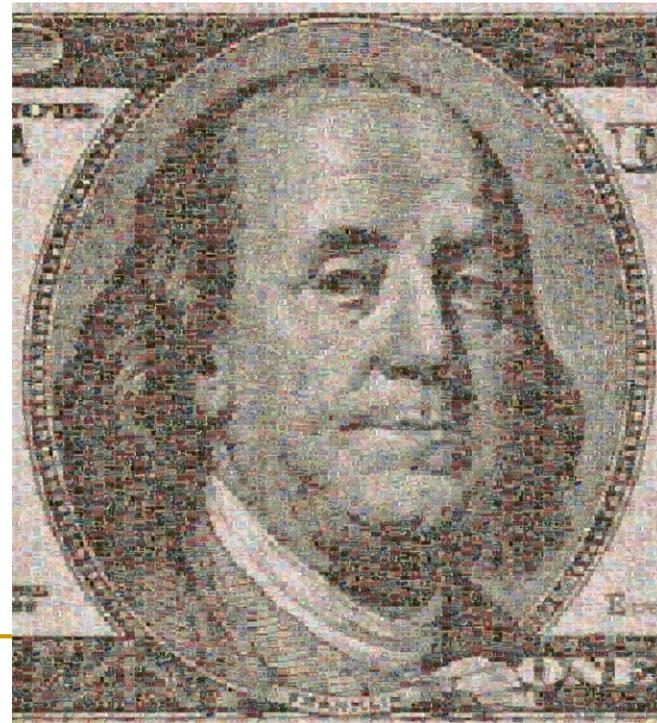
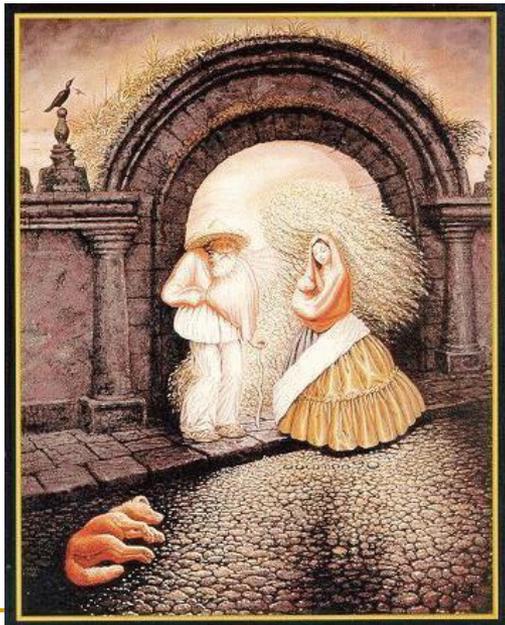
# Percepção

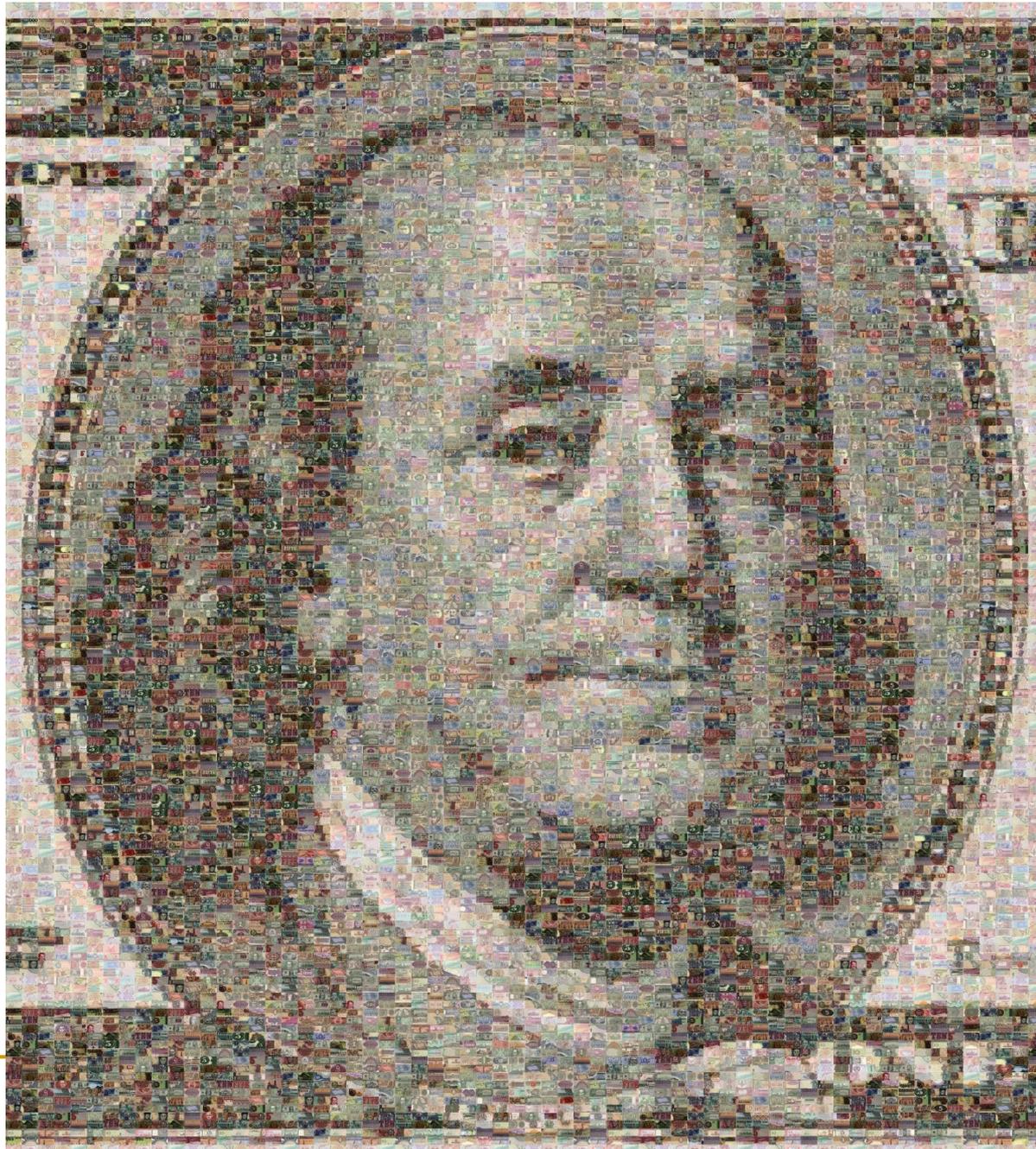
- Representações visuais de objetos são frequentemente mal interpretadas
  - Porque elas não correspondem com nosso sistema perceptual ou elas foram preparadas para isso
    - Por exemplo, as ilusões



# Percepção

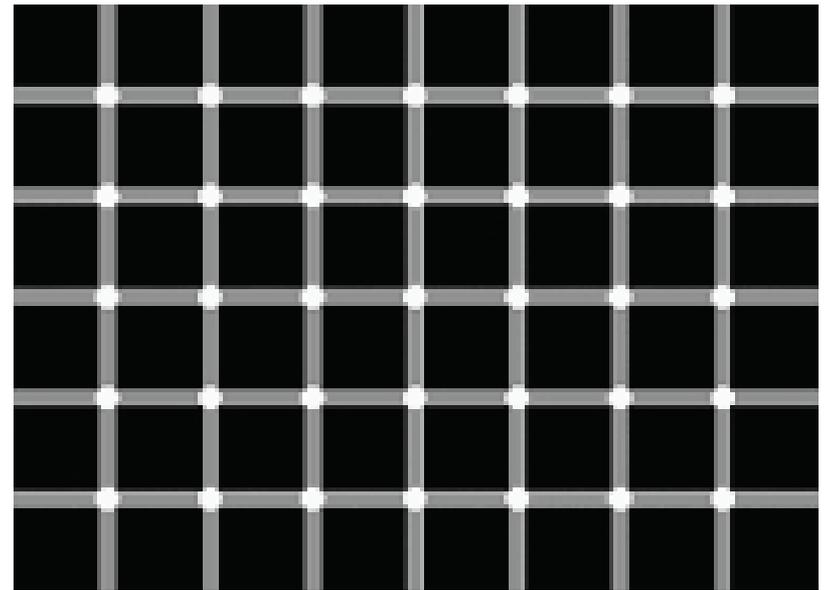
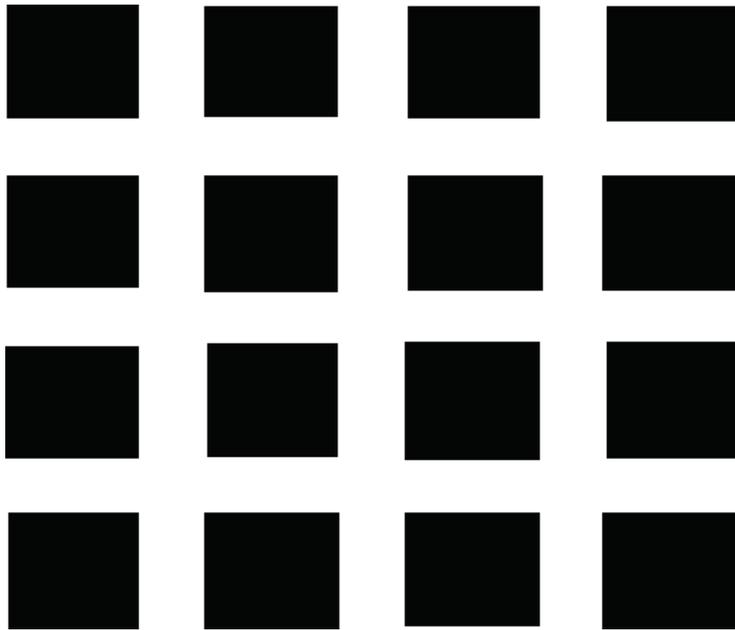
- A ambiguidade presente em algumas imagens podem ser facilmente percebidas, mas em alguns casos não
  - Em uma primeira olhada a imagem apresenta um objeto principal, que é percebido mais facilmente do que os objetos secundários





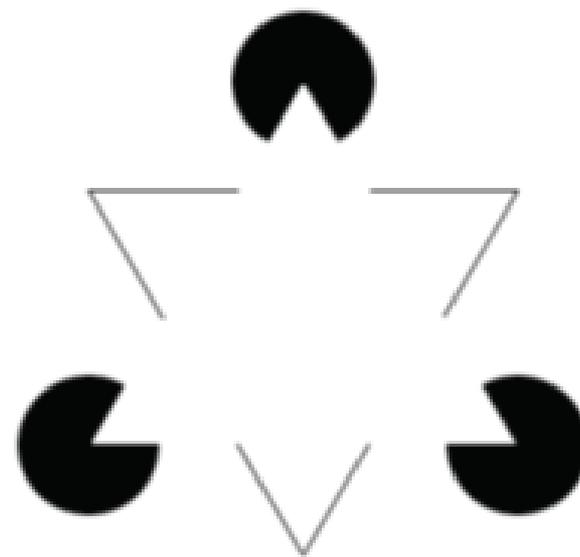
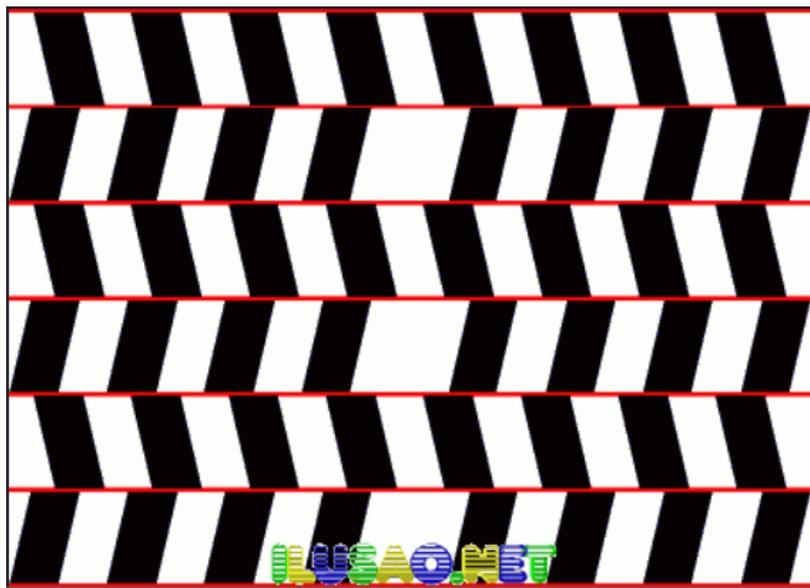
# Percepção

- As figuras abaixo revelam que nosso sistema não é estático e não está sob nosso controle total



# Percepção

- Nosso sistema força a interpretação de objetos vistos
  - Por isso, as visualizações devem ser construídas de maneira não ambígua e sem criar artefatos



<http://www.ilusao.net/IlusaoDeOpticaLinhaRetas.html>

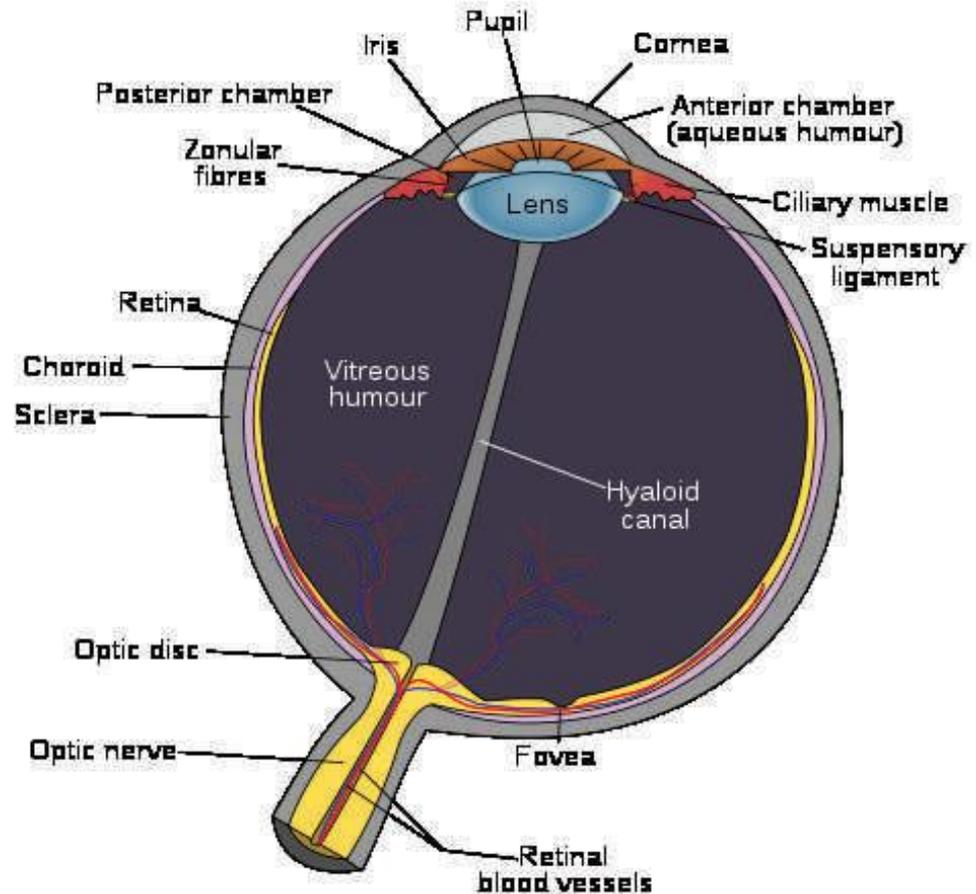
---

# Fisiologia

---

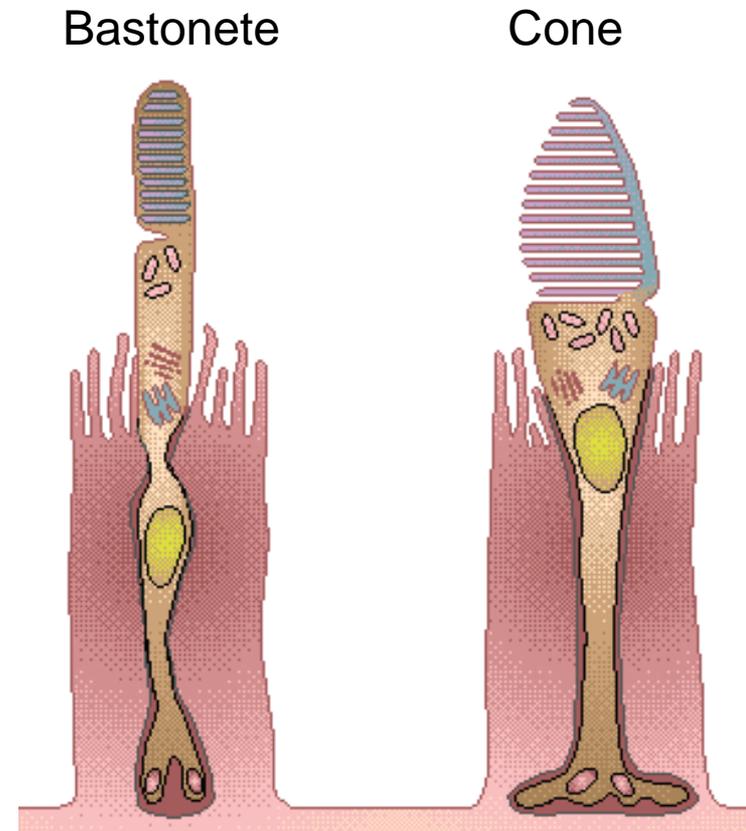
# Anatomia do Sistema Visual

- A retina contém foto receptores responsáveis pela percepção do mundo externo
  - Bastonetes: percepção de intensidade
  - Cones: percepção de cores



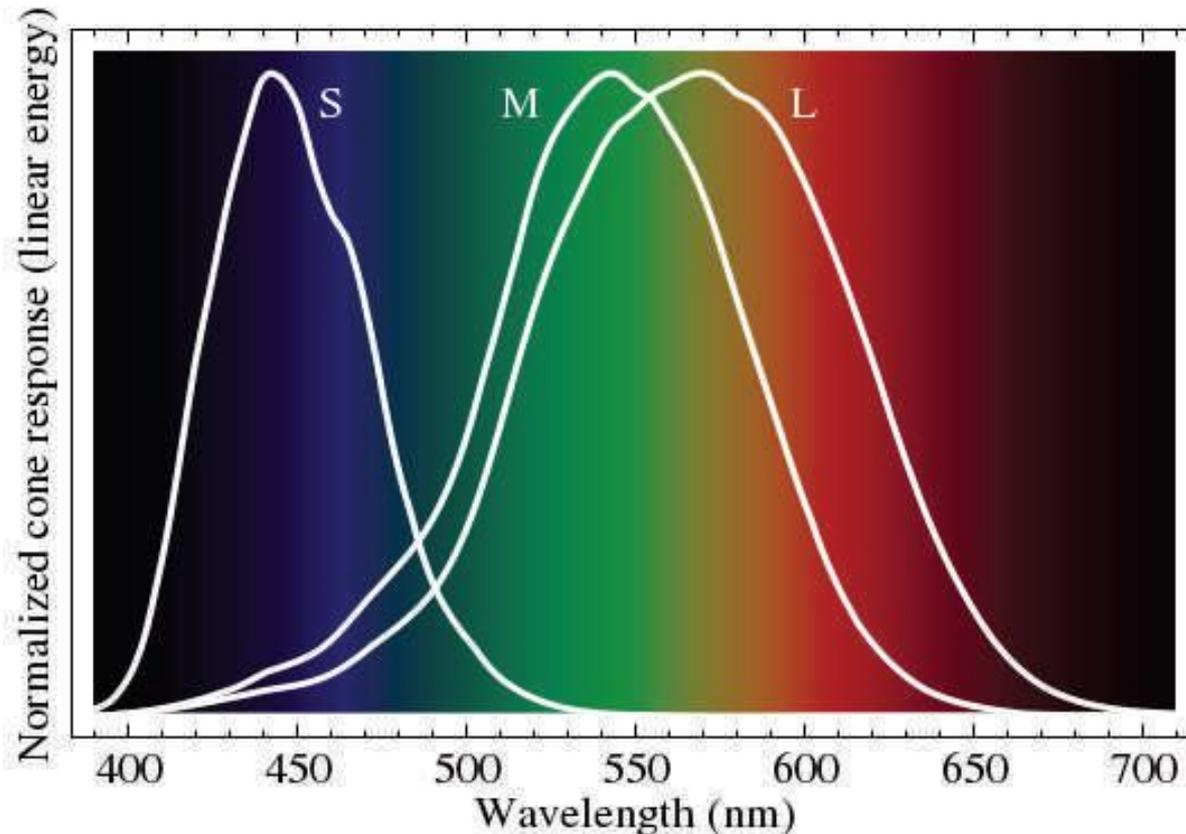
# Anatomia do Sistema Visual

- A retina contém foto receptores responsáveis pela percepção do mundo externo
  - Bastonetes: percepção de intensidade
  - Cones: percepção de cores



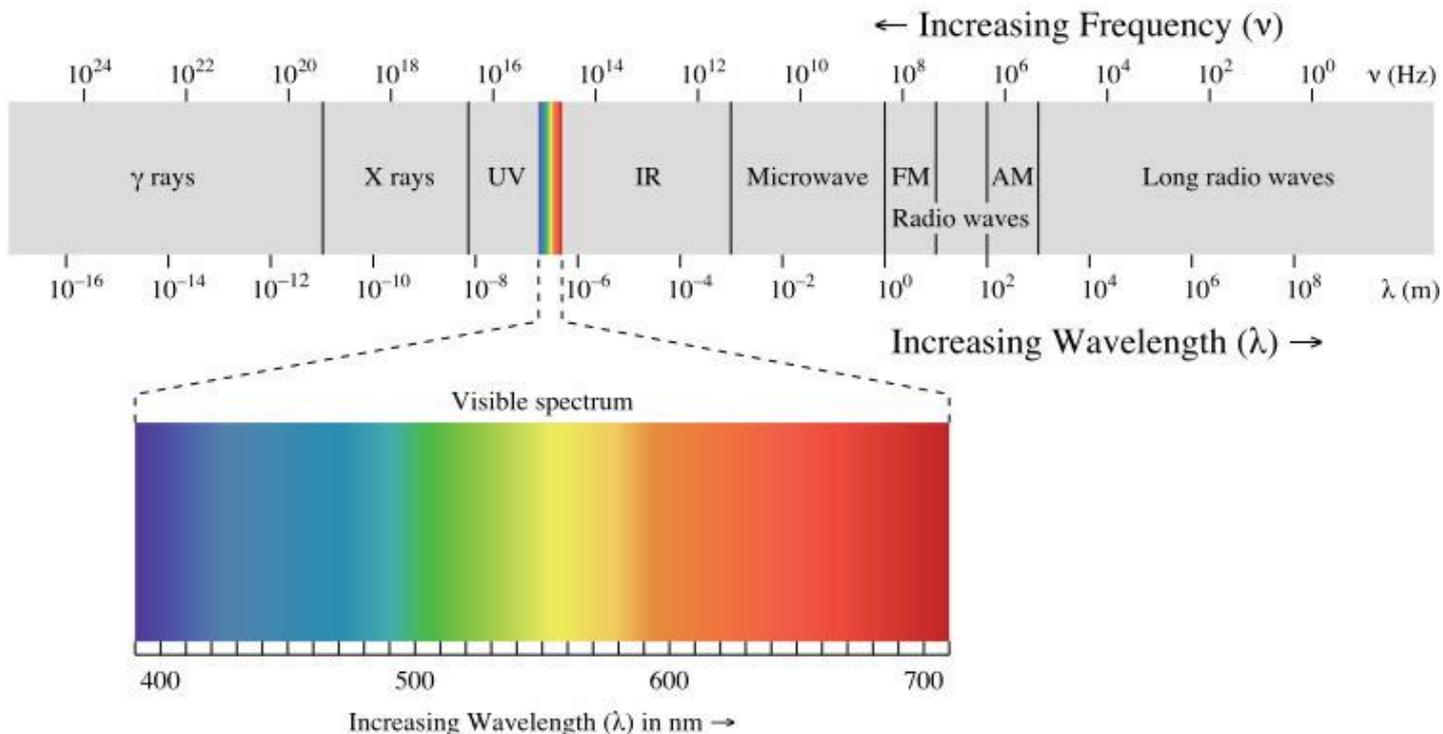
# Anatomia do Sistema Visual

- Existem três tipos de cones, os quais percebem comprimentos de ondas curtos, médios e longos



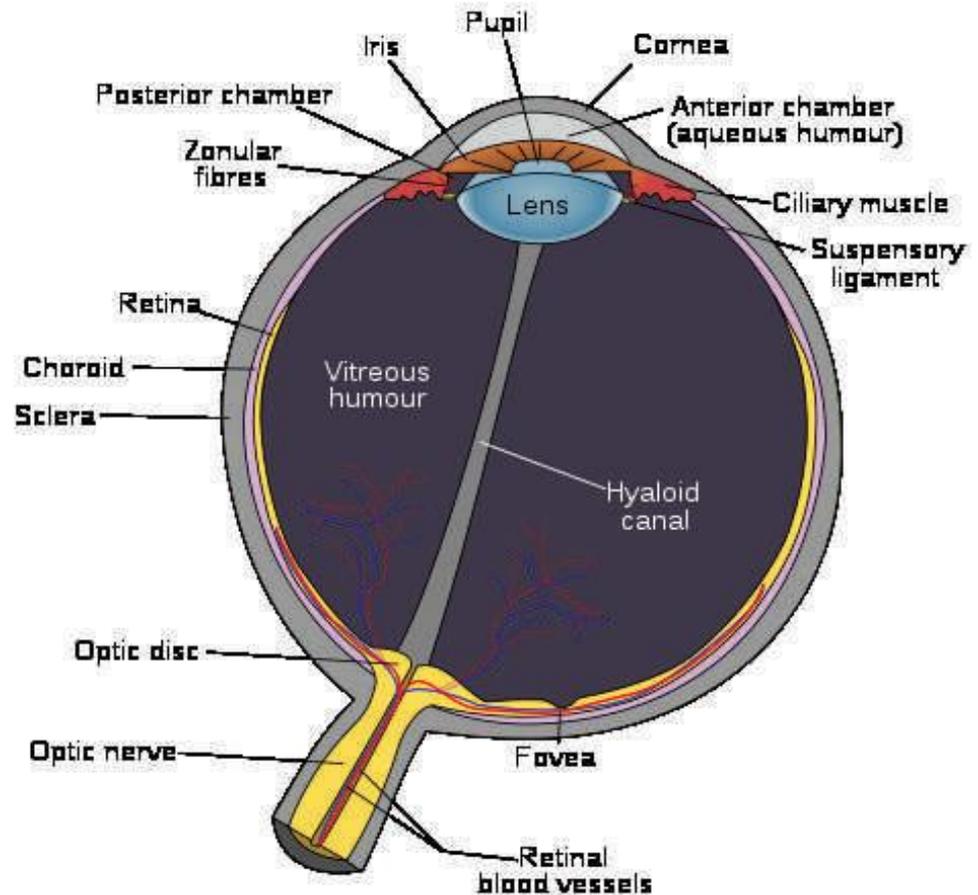
# Espectro Visível

- Apenas uma pequena parte do espectro eletromagnético é percebido pelos olhos humanos



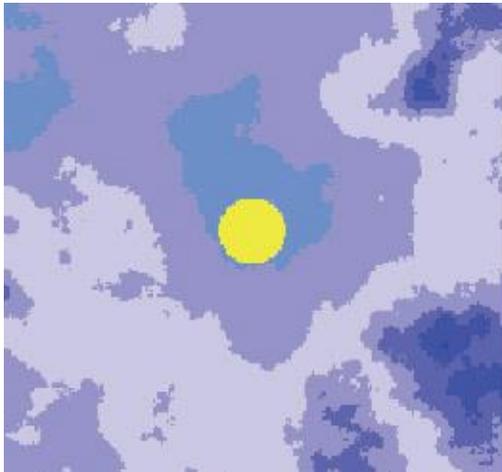
# Anatomia do Sistema Visual

- Há um ponto cego onde o nervo óptico está localizado
  - Nesse ponto não há fotorreceptores



# Anatomia do Sistema Visual

- Há um ponto cego onde o nervo óptico está localizado
  - Nesse ponto não há fotorreceptores



1 2 3 4 5 6

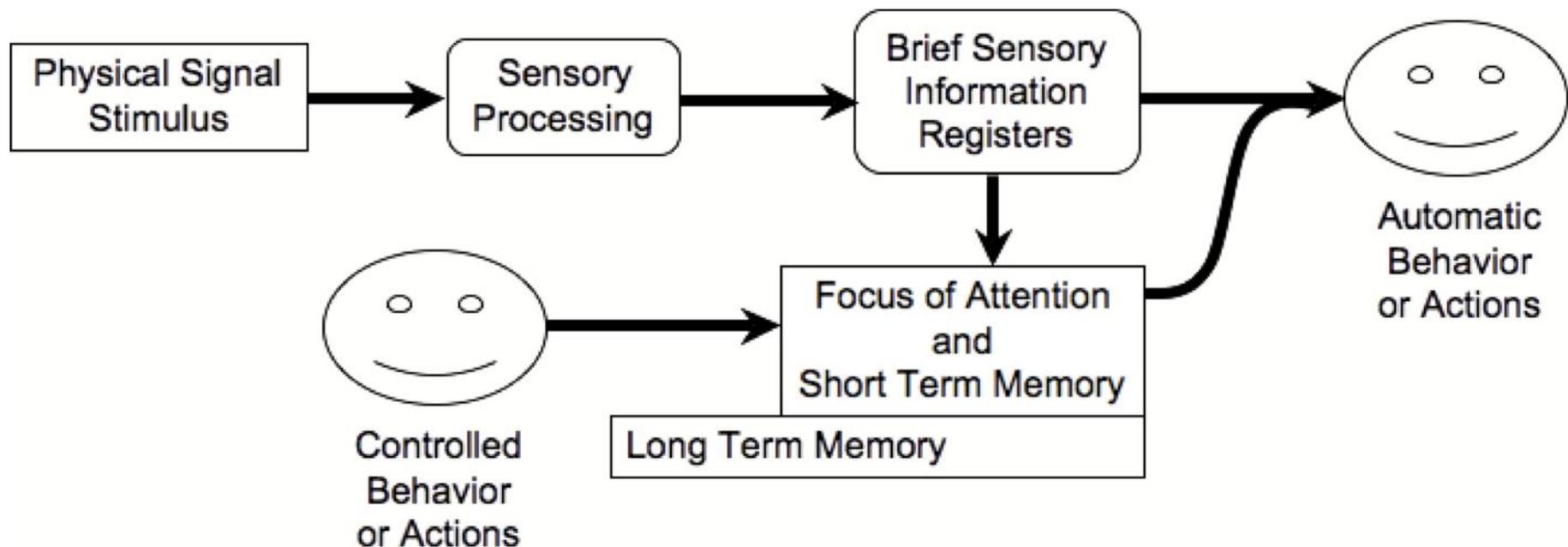
---

# Processamento Perceptual

---

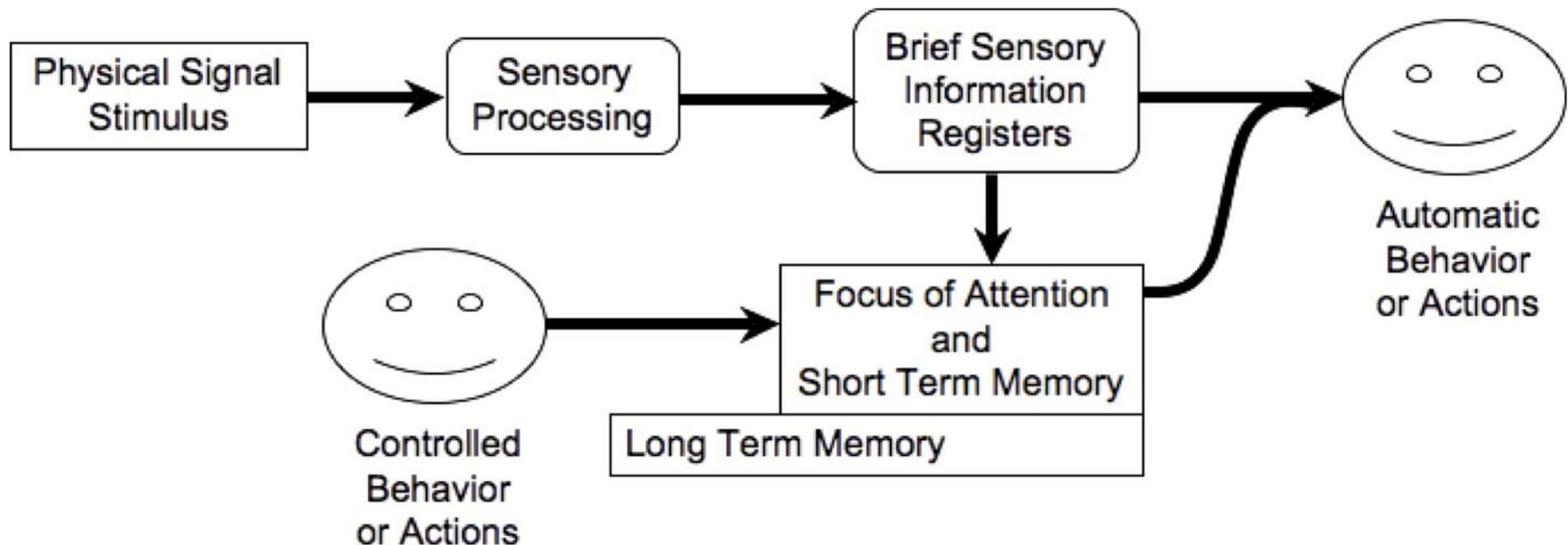
# Processamento Perceptual

- Modelo clássico de processamento da informação para compreensão do fluxo de informação sensorial



# Processamento Perceptual

- O processo de percepção pode ser não controlado (pré-atentivo) ou controlado (atentivo)



# Processamento Perceptual

- O processo de percepção pode ser não controlado (pré-atentivo) ou controlado (atentivo)
  - O processo pré-atentivo é rápido e executado em paralelo
    - Frequentemente em 250 ms
  - O processo atento é mais lento e usa a memória de curto prazo

# Processo Pré-atentivo

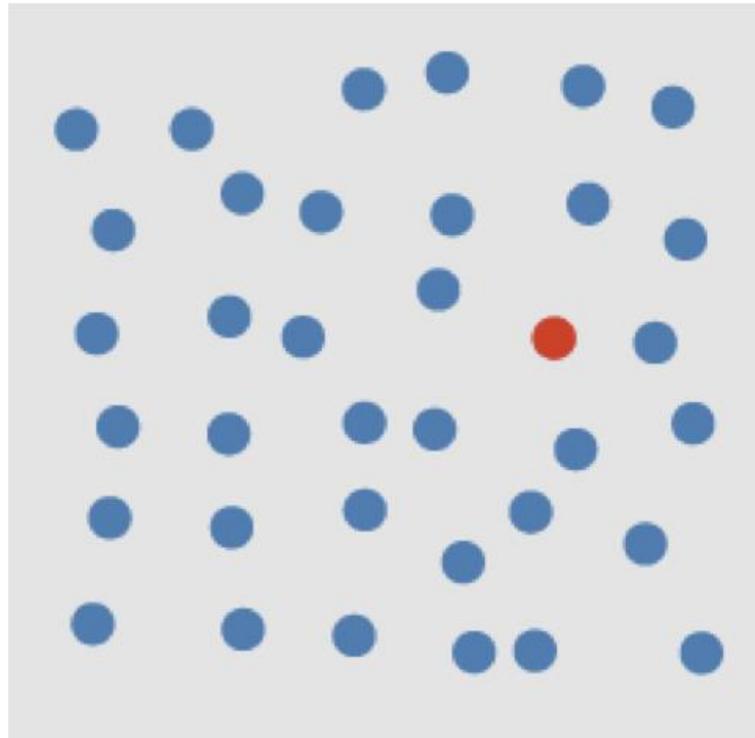
- Resultados de pesquisas descobriram que um limitado conjunto de propriedades visuais são detectadas rapidamente com muita precisão por um sistema visual de baixo nível
- Essas propriedades foram inicialmente chamadas de pré-atentivas
  - Elas precedem o processo atento de percepção

# Processo Pré-atentivo

- Tarefas que podem ser executadas em uma exibição com vários elementos em menos de 250 ms são consideradas pré-atentivas
  - Elas exigem pouco esforço
- Um exemplo simples é a detecção de um círculo vermelho em um grupo de círculos azuis
  - É possível dizer imediatamente se o objeto alvo está presente ou não

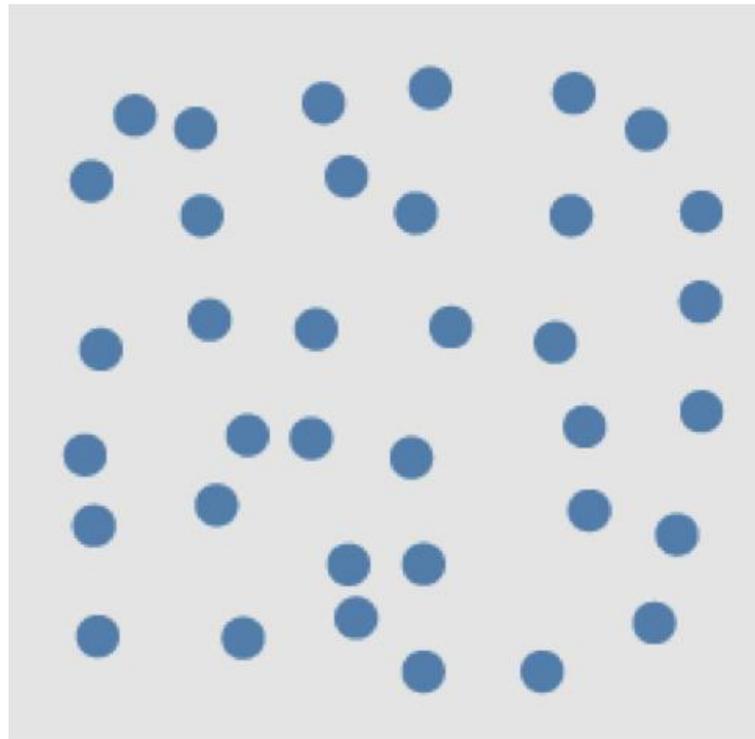
# Processo Pré-atentivo

- Detectar se há um círculo vermelho
  - O objeto alvo tem a propriedade visual "vermelho" e os objetos distratores não



# Processo Pré-atentivo

- Detectar se há um círculo vermelho
  - O objeto alvo tem a propriedade visual "vermelho" e os objetos distratores não

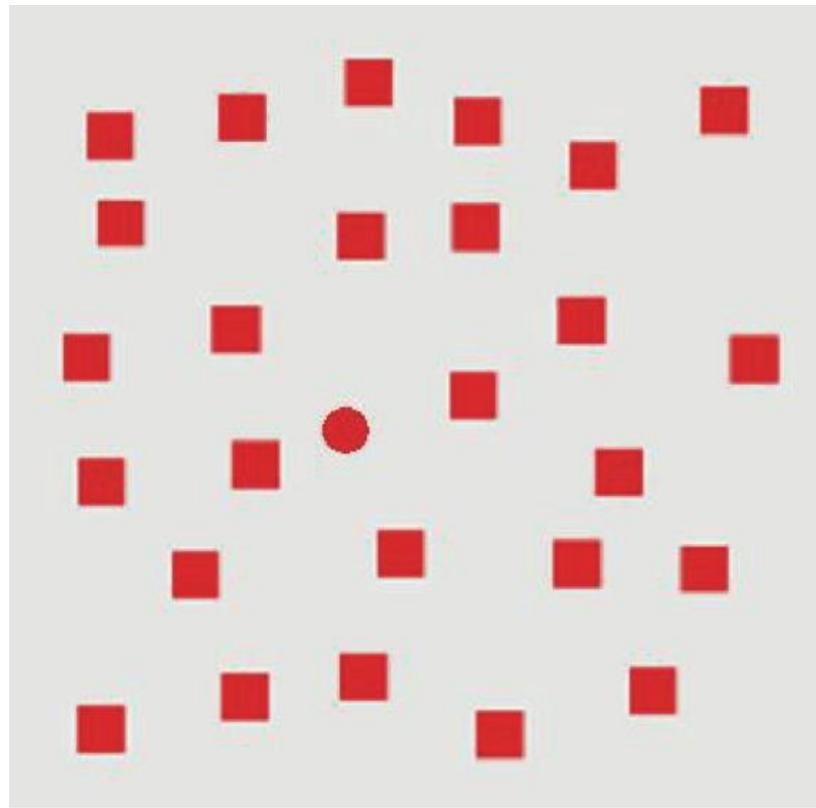


# Processo Pré-atentivo

- O matiz (*hue*) não é a única característica visual que é pré-atentiva
- A forma também pode ser utilizada
  - Uma tarefa pré-atentiva seria identificar um círculo vermelho (alvo) dentre vários quadrados vermelhos (distratores)

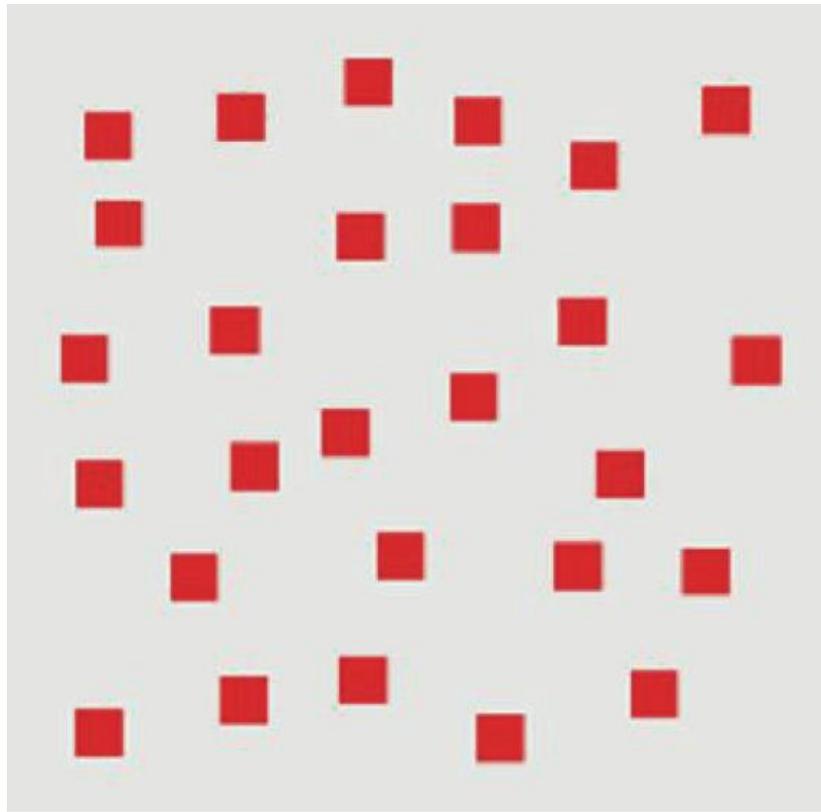
# Processo Pré-atentivo

- Identificar um círculo vermelho (alvo) dentre vários quadrados vermelhos (distratores)



# Processo Pré-atentivo

- Identificar um círculo vermelho (alvo) dentre vários quadrados vermelhos (distratores)

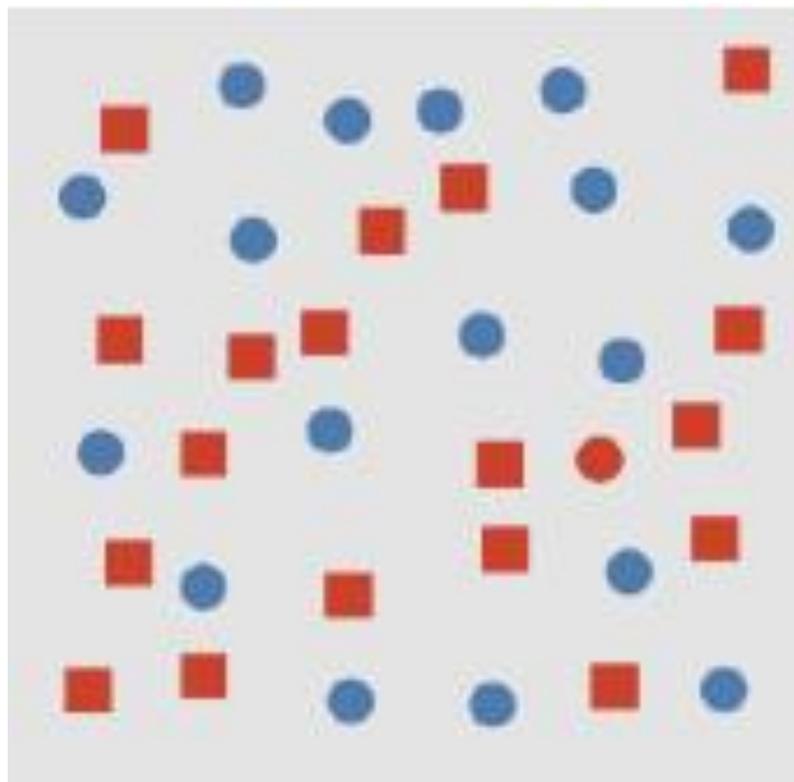


# Processo Pré-atentivo

- A utilização de uma característica pré-atentiva permite focar rapidamente em um objeto alvo
  - Entretanto, geralmente, a combinação de mais de uma características não permite uma detecção pré-atentiva
    - Por exemplo, identificar se o círculo vermelho (alvo) está presente entre objetos distratores que possuem essas mesmas características (matiz e forma)

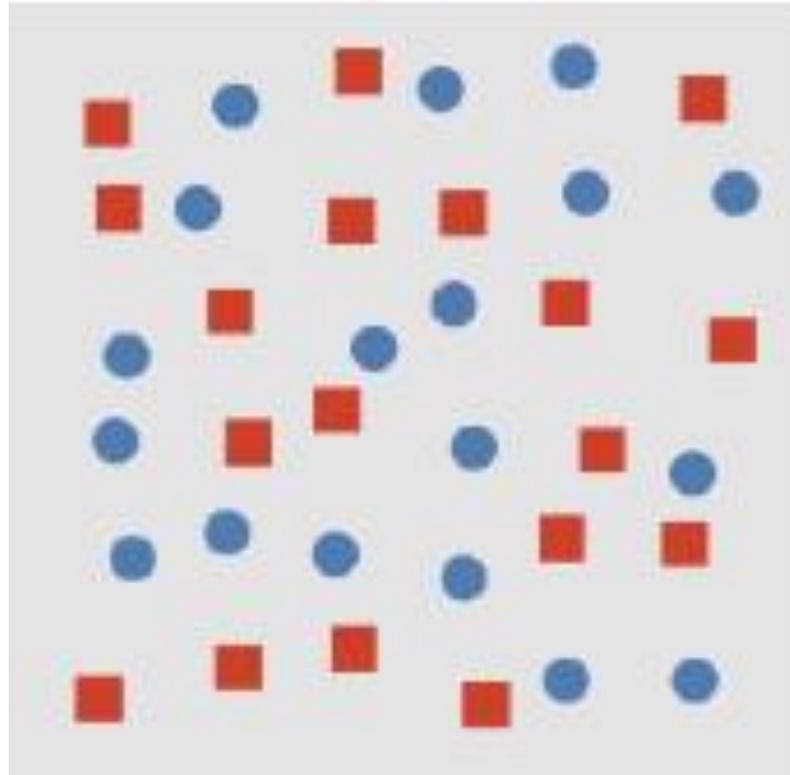
# Processo Pré-atentivo

- Identificar se um círculo vermelho está presente



# Processo Pré-atentivo

- Identificar se um círculo vermelho está presente

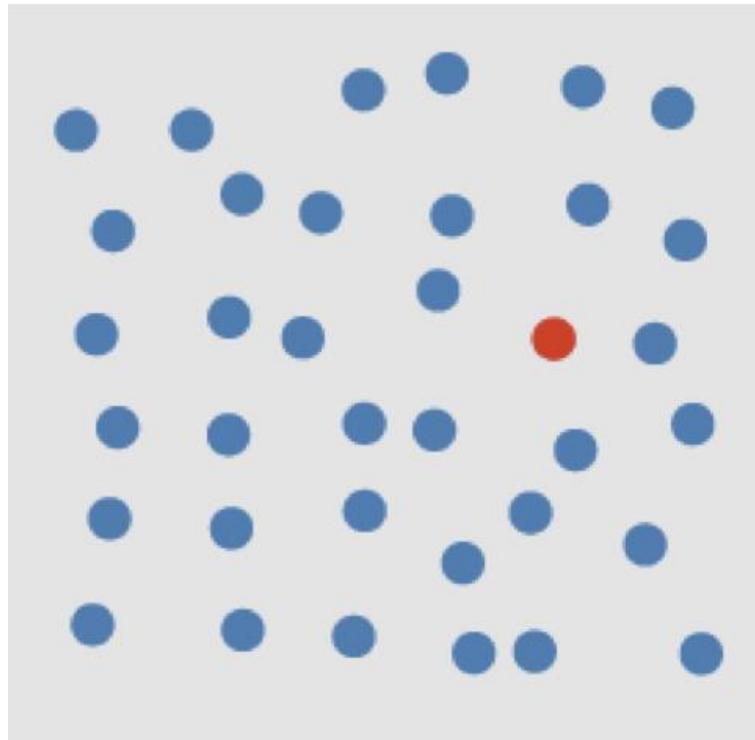


# Processo Pré-atentivo

- A tarefa baseada em uma das características visuais seria facilmente detectada
  - Por exemplo, há itens vermelhos ou há quadrados
- No caso em que características são combinadas, vários estudos mostram que o alvo não pode ser facilmente detectado
  - É necessário fazer uma varredura sequencial para confirmar a presença ou ausência do alvo

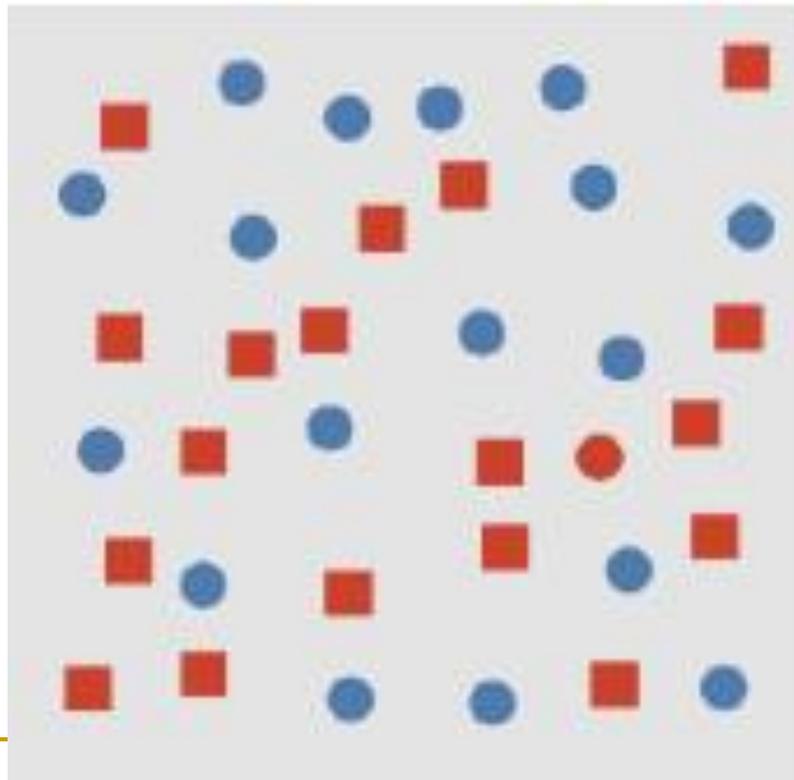
# Processo Pré-atentivo

- O processo pré-atentivo pode ser aproveitado na visualização para chamar a atenção do usuário para determinadas partes da visualização



# Processo Pré-atentivo

- A combinação de características deve ser utilizada com cuidado, para não mascarar a informação que está sendo transmitida



# Processo Pré-atentivo

- As seguintes características visuais também são consideradas pré-atentivas
  - Comprimento
  - Largura
  - Tamanho
  - Forma
  - Número
  - Terminadores
  - Intersecção
  - Proximidade

# Processo Pré-atentivo

- As seguintes características visuais também são consideradas pré-atentivas
  - Matiz
  - Intensidade
  - *Flicker*
  - Direção de movimento
  - Profundidade estereoscópica
  - Profundidade 3D
  - Direção de iluminação

# Processo Pré-atentivo

- Experimentos em psicologia tem utilizado essas características para as seguintes tarefas pré-atentivas
  - Detecção de alvos
    - Usuários detectam rapidamente e com precisão a presença ou ausência de um elemento alvo com uma única características visual dentre vários objetos distratores

# Processo Pré-atentivo

- Experimentos em psicologia tem utilizado essas características para as seguintes tarefas pré-atentivas
  - Detecção de fronteiras
    - Usuários detecam rapidamente e com precisão a região de fronteira entre dois grupos de elementos, em que todos os elementos em cada grupo ter uma característica visual comum

# Processo Pré-atentivo

- Experimentos em psicologia tem utilizado essas características para as seguintes tarefas pré-atentivas
  - Rastreio de região
    - Usuários rastreiam um ou mais elementos com uma única característica visual conforme eles movem no tempo e no espaço
  - Contagem e estimação
    - Usuários contam ou estimam o número de elementos com uma única característica visual

# Hierarquia de Características

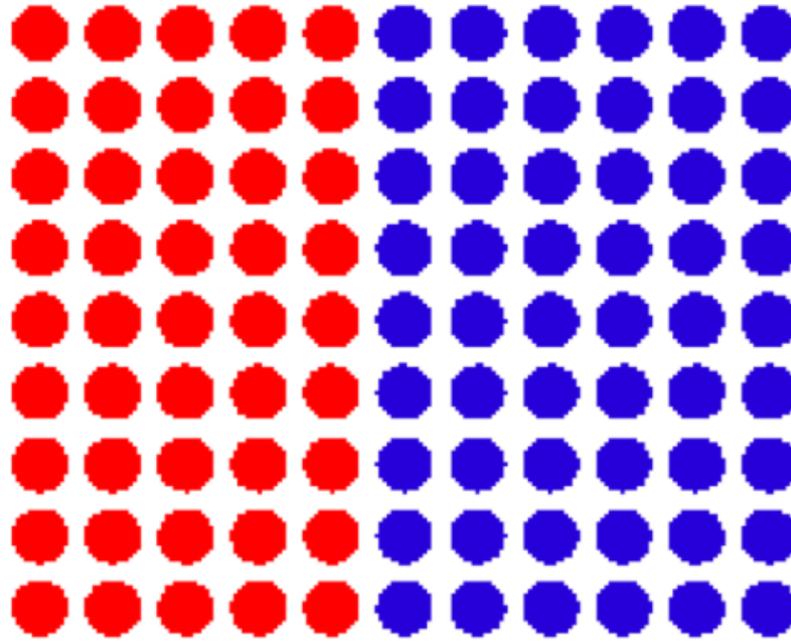
- Uma abordagem que pode ser utilizada em visualização multidimensional é associar diferentes características visuais para diferentes atributos
- Um requisito fundamental é que o mapeamento não produza uma interferência visual, pois a interação entre diferentes características pode esconder ou mascarar informações

# Hierarquia de Características

- Uma hierarquia de características que parece existir no sistema visual
  - Interferindo na percepção
- Para certas tarefas, o sistema visual favorece um tipo de características mais do que outra
  - Por exemplo, para detecção de fronteira, estudos mostram que a cor prevalece sobre a forma
    - A variação da forma não interfere na habilidade da detecção do padrão pela cor

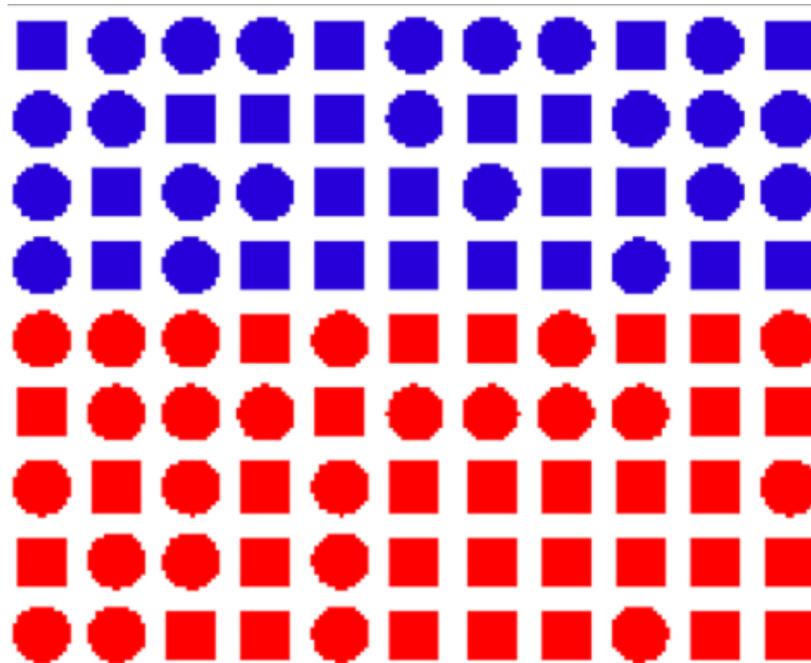
# Hierarquia de Características

- A detecção de borda é pré-atentivamente detectada pela variação do matiz, mesmo sem variar a forma



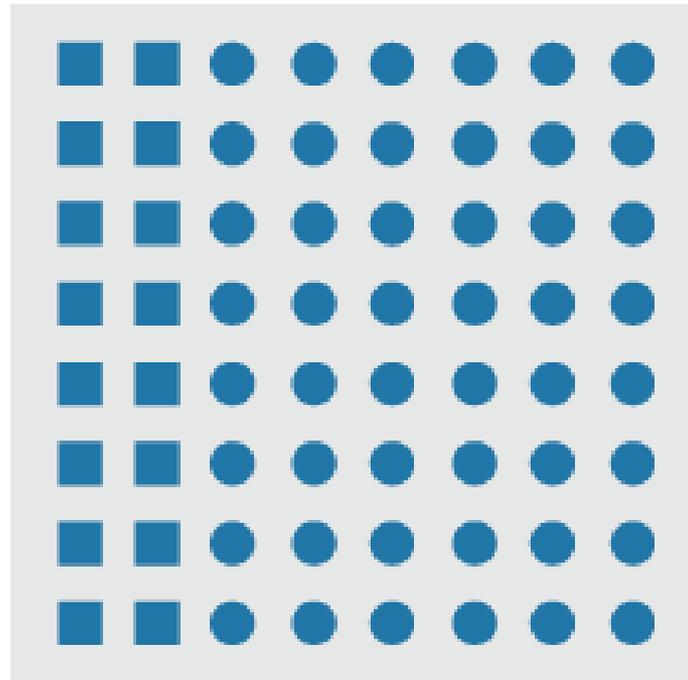
# Hierarquia de Características

- A detecção de borda é pré-atentivamente detectada mesmo com a variação de forma
  - O matiz é uma característica que facilitou a percepção



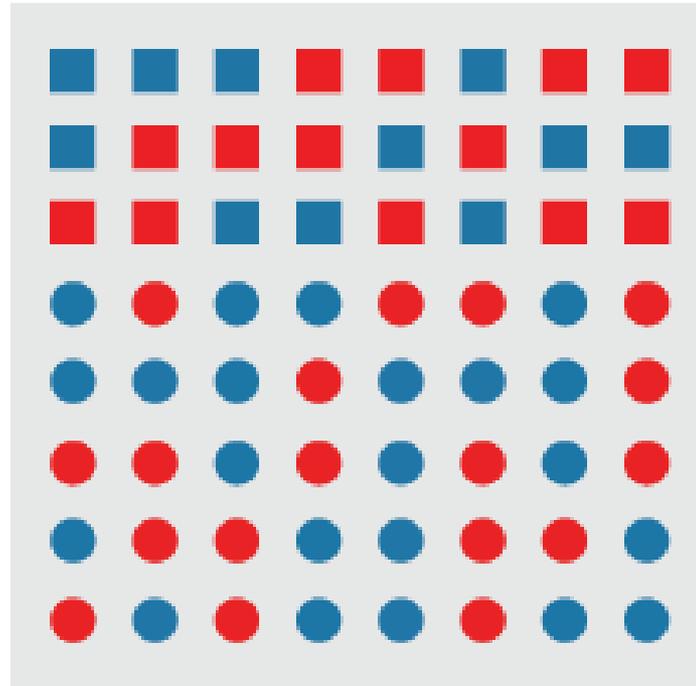
# Hierarquia de Características

- A detecção de borda é pré-atentivamente detectada pela variação de forma, quando o matriz é constante



# Hierarquia de Características

- A detecção de borda não é pré-atentivamente detectada quando o matriz é aleatoriamente distribuido



# Visão Pós-atentiva

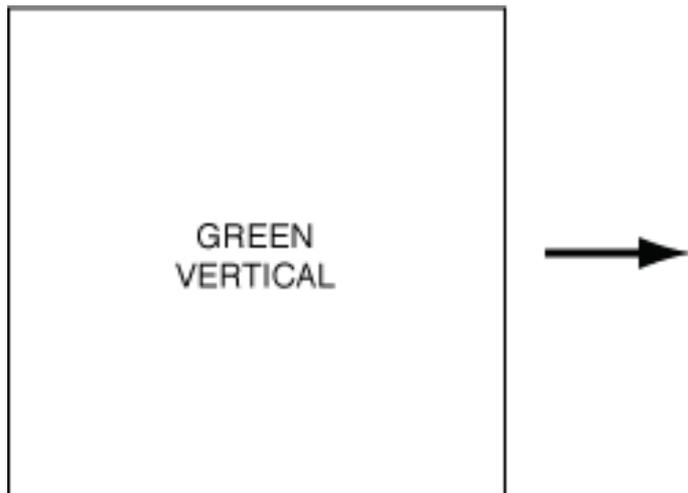
- O processamento pré-atentivo questiona
  - Qual características visual chama a atenção para um objeto específico na cena?
- Uma questão também estudada é
  - O que acontece com a representação visual de um objeto quando paramos de prestar atenção a ele e olhamos ao redor?

# Visão Pós-atentiva

- Jeremy Wolfe elaborou essa questão em seu trabalho sobre visão pós-atentiva
  - O propósito do trabalho foi de desmistificar a crença de que quanto mais observamos uma cena mais acumulamos sobre ela
- Os resultados mostram que as pessoas são frequentemente 'cegas' para variações significantes que ocorrem na cena

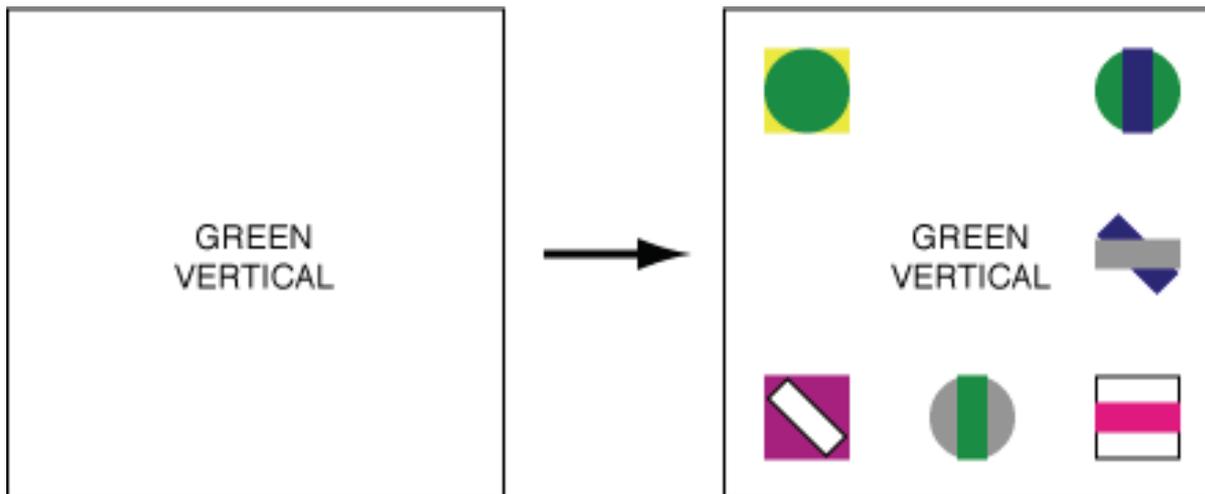
# Visão Pós-atentiva

- Buscar o objeto alvo sem conhecer previamente a cena



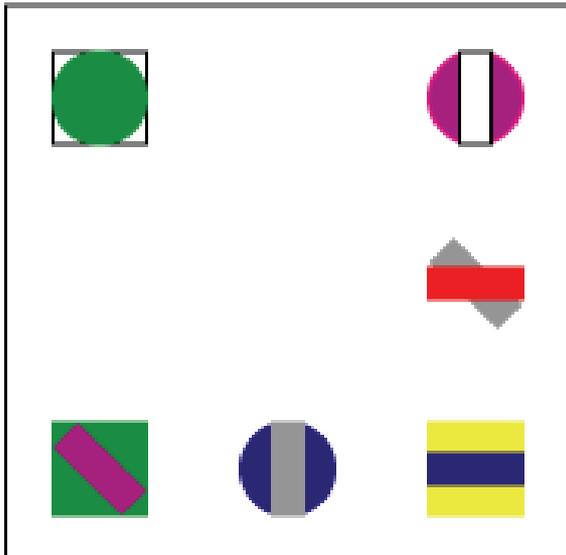
# Visão Pós-atentiva

- Buscar o objeto alvo sem conhecer previamente a cena



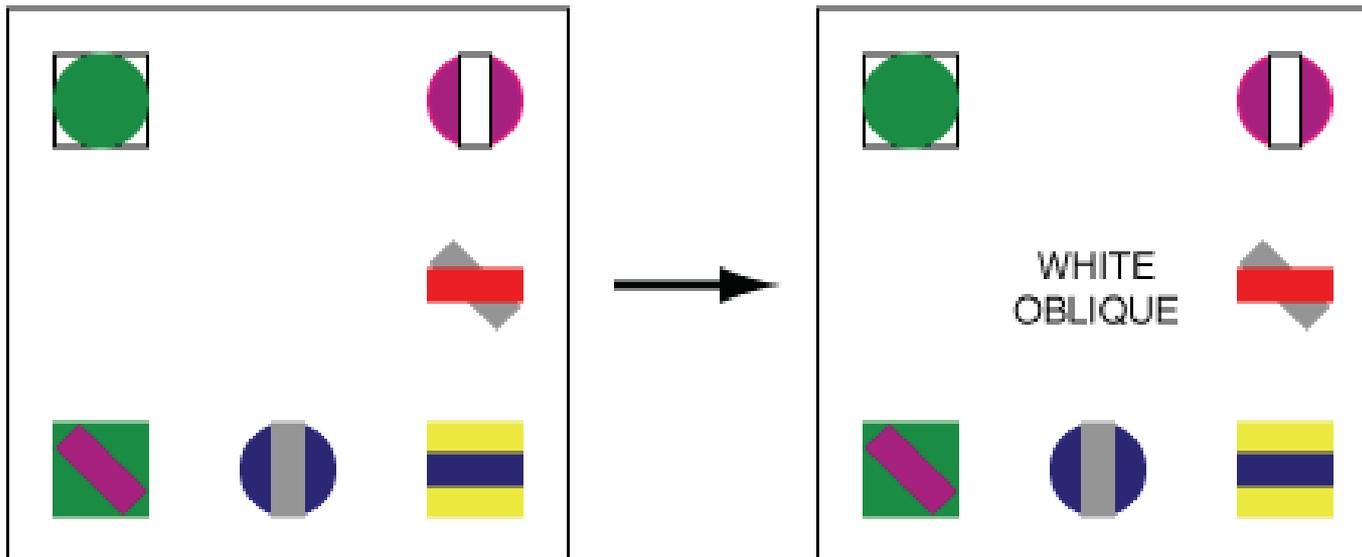
# Visão Pós-atentiva

- Olhar a cena por um curto período (300 ms) para depois buscar pelo objeto alvo



# Visão Pós-atentiva

- Olhar a cena por um curto período (300 ms) para depois buscar pelo objeto alvo



# Visão Pós-atentiva

- Os estudos revelaram que observar a cena por um curto período de tempo antes de buscar o alvo foi mais aproximadamente 40 ms mais rápida
  - Conhecer previamente a cena não resulta em uma grande vantagem para identificar um objeto de interesse

# Visão Pós-atentiva

- Para a visualização, esse estudo mostra que a observação de uma representação gráfica não auxilia a busca por valores de dados específicos
- Portanto, métodos para chamar a atenção do usuário para áreas de potencial interesse são fundamentais para que os dados sejam explorados de forma rápida e precisa

# Observe essa imagem



# Change Blindness

- Pesquisas em psicologia mostram que uma interrupção no que está sendo visto leva-nos a uma 'cegueira' para mudanças significantes do que ocorre em uma cena durante a interrupção
  - Esse fenômeno é conhecido como *Change Blindness*

# Change Blindness



# Change Blindness



# Change Blindness

- *Change Blindness* é uma limitação baseada em uma atenção inapropriada
- Algumas partes do olho e do cérebro estão respondendo de forma diferente às duas imagens
- Algumas partes somente são percebidas quando a atenção é focada diretamente para os objetos variantes
  - Jogo dos 7 erros

# Change Blindness

- Esse fenômeno traz implicações importante para a visualização
  - Expectativas prévias não podem ser utilizadas para guiar a análise
  - A visualização deve chamar a atenção para área importantes e de interesse dos usuários

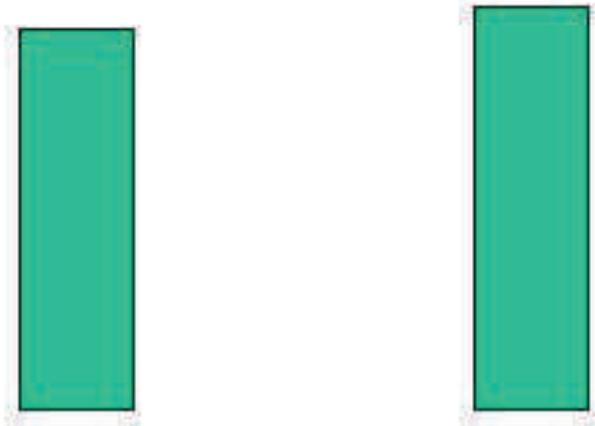
# Julgamento Relativo

- Estudos realizados por William Cleveland e outros pesquisadores mostraram que o julgamento relativo é melhor do que o absoluto
- Assim, eles realizaram experimentos para **detectar as diferenças**, ao invés da comparação direta de valores

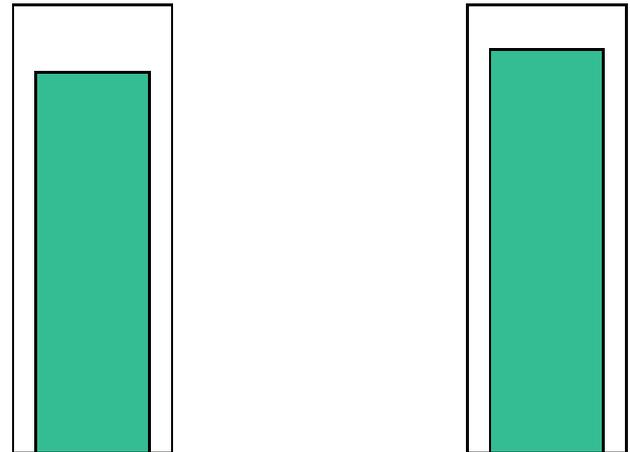
# Julgamento Relativo

- Por exemplo, detectar a diferença entre as barras é mais fácil com a borda

Julgamento Absoluto



Julgamento Relativo

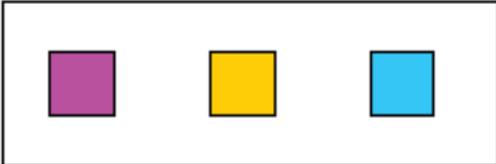


# Julgamento Relativo

- Eles estudaram a capacidade humana em medir diferenças usando os seguintes atributos gráficos
  - ângulo
  - área
  - matiz
  - saturação
  - densidade
  - comprimento (distância)
  - posição ao longo de uma escala comum
  - posição ao longo de escalas idênticas não alinhadas
  - inclinação
  - volume

# Julgamento Relativo

- Exemplos de atributos gráficos usados nos experimentos

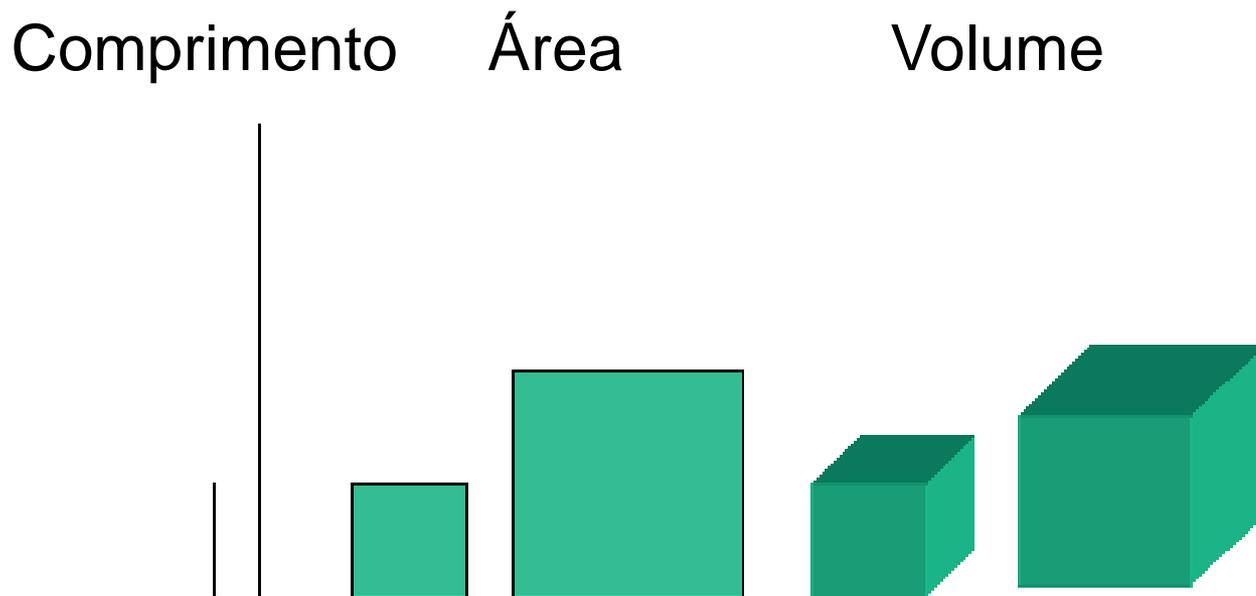
Comprimento			Área
Ângulo			Volume
Orientação			Posição ao longo de uma escala comum
Matiz			Posição ao longo de uma escala idêntica não alinhada

# Julgamento Relativo

- Os experimentos mostraram menos erros de percepção na seguinte ordem
  - Posição ao longo de uma escala comum
  - Posição ao longo de uma escala idêntica não alinhada
  - Comprimento
  - Ângulo / Inclinação
  - Área
  - Volume
  - Cor matiz, saturação e densidade (este foi um experimento informal)

# Julgamento Relativo

- Foi percebido que aumentar a dimensionalidade diminui a capacidade de percepção de mudança
  - Por exemplo, os mesmos atributos foram mapeados para comprimento, área e volume (razão 1:4)



# Julgamento Relativo

- Os experimentos confirmaram que utilizar gráficos de barra e gráficos de dispersão são ferramentas efetivas para comunicar dados quantitativos
  - Ambos dependem de posicionamento ao longo de uma escala comum
- Os experimento também sugerem que gráficos de pizza são provavelmente menos efetivos
  - Necessitam de um julgamento de área ou ângulo

# Expandindo a capacidade

- Baseado nos estudos apresentados, o julgamento relativo é melhor do que o absoluto
  - Comparação entre elementos
- Assim, uma possível melhoria nas visualizações para permitir um julgamento relativo é a adição de grades, marcações ou eixos

# Foco e Expectativa

- Chapman apresentou alguns estudos em imagens com múltiplos atributos, mas com usuários tendo que analisar apenas um
- Uma seleção prévia do atributo de interesse resultou em resultados melhores do que uma seleção tardia do foco
  - Até chegar no mapeamento ideal, análises desnecessárias seriam realizadas
- O estudo indica que é melhor focar em um único atributo por vez
  - Outros elementos visuais poderiam atrapalhar a análise do atributo de interesse

# Referências

- Ward, M., Grinstein, G. G., Keim, D.
  - Interactive data visualization foundations, techniques, and applications. Natick, Mass., A K Peters, 2a Edição, 2010.
    - Capítulo 3 (Human Perception and Information Processing)