

## Capítulo 2

# Percepção e Cognição

Os conhecimentos de um usuário e as suas tomadas decisão constituem uma das características fundamentais de um sistema de Analítica Visual. Como se toma como o ponto de partida os estímulos visuais através dos gráficos estatísticos e/ou representações gráficas tri-dimensionais, é fundamental que entendamos o nosso processo de percepção visual e a nossa potencialidade e limitação cognitiva para podermos nos beneficiar no projeto de um sistema de Analítica Visual.

### 2.1 Percepção Visual

A visão humana é um sistema complexo que começa com os dois olhos. As radiações luminosas atravessam o cristalino (lente biconvexa flexível) e convergem na membrana interna da parte posterior do olho, denominada retina. A retina contém cerca de centenas de milhões de fotorreceptores (bastonetes e cones). Quando estes fotorreceptores são estimulados, ocorrem transições fotoquímicas gerando impulsos elétricos. Estes impulsos são transmitidos pelo nervo óptico ao cérebro e produzem sensações luminosas aproximáveis por uma convolução (Gaussiana) do sinal capturado por uma função de espalhamento pontual (PSF). Portanto, há uma diferença mínima entre dois elementos (cor, forma, tamanho) para que eles sejam percebidos como distintos, conhecida por **acuidade** visual. Outra característica é a ação inibidora fora do centro de campo receptivo de um fotorreceptor, de forma que nas regiões onde ocorrem variações abruptas de luz, elas aparentam ser mais claras ou mais escuras, criando ilusões como **Bandas de Mach**. Outra característica visual interessante é a conhecida **aberração cromática**. Ela é causada pela diferença dos pontos focais de radiações de comprimentos de

onda distintos ao atravessarem o cristalino. Com isso, temos percepção de objetos de cores diferentes em distinta profundidade.

A imagem que se forma na retina é real, invertida e menor do que o objeto. Entretanto, “percebemos” os objetos em posição correta graças à forma como os sinais visuais são processados. De acordo com um modelo de percepção visual de três estágios, os sinais luminosos são, em primeiro lugar, transformados em características elementares, como forma, cor, textura e orientação. Em seguida, estas características simples são agrupadas em padrões (visão de baixo nível) e, conforme o foco do observador, objetos armazenados na sua memória são “evocados” para criar percepção de um objeto como todo, seja para reconhecê-lo quanto para classificá-lo (visão de alto nível). Esta capacidade de “perceber” um todo é sintetizada em **leis de Gestalt** ou “Lei da Simplicidade”. Em 2007, os neurocientistas do MIT obtiveram resultados promissores com este modelo no reconhecimento de distintos objetos em diferentes ambientes. Movimentações constantes dos nossos olhos são, de fato, os responsáveis pela captura de uma sequência de outros ângulos dos objetos no campo visual e, portanto, pela exploração do ambiente e distinção dos detalhes de forma “inconsciente”.

A nossa visão é estérea. Quando olhamos para um objeto, são formadas duas imagens retinianas, uma em cada olho. Devido ao afastamento entre os dois olhos, as imagens não são idênticas. A observação simultânea dessas duas imagens **ligeiramente diferentes** força movimentos musculares dos olhos para a paralaxe na distância entre dois pontos de diferentes alturas. Estes movimentos permitem que o cérebro diferencie a distância entre tais pontos, proporcionando percepção de relevo/profundidade. Os estudos revelam, no entanto, que 20% da população não possui visão estérea. Mesmo assim, não deixamos de ter a percepção de profundidade. Outros elementos, como oclusão, tonalidade e perspectiva, também propiciam percepção de profundidade.

A percepção visual é um processo relativo, pois ela depende do **contexto** em que os objetos se encontram. A percepção do tamanho de uma mesma forma é diferente se ela for circundada por figuras de tamanhos diferentes. A **ilusão de Ebbinghaus** é um exemplo desta percepção. Porém, alguns atributos básicos, como o tamanho, a forma e a cor, são independentes das variações como na distância em relação ao objeto observado, no ângulo de observação e na iluminação do ambiente. Este fenômeno é conhecido pela **constância perceptiva**.

Em decorrência dos nossos limitados recursos cognitivos (memória), muitos estímulos visuais competem por atenção num ambiente saturado de informação. Somente alguns deles, com características visuais bem diferencia-

das, nos chamam atenção e são processados de forma inconsciente, ao nível **pré-atentivo**, enquanto muitos outros podem ser descartados antes de passarem pelo processamento de reconhecimento. Alterações pequenas, mesmo relevantes, num ambiente são usualmente imperceptíveis. Este fenômeno é conhecido por **cegueira às mudanças** (*change blindness*)

## 2.2 Psicologia Cognitiva

Consultando a Wikipedia<sup>1</sup>, encontra-se que “A psicologia cognitiva estuda a cognição, os processos mentais que estão por detrás do comportamento. É uma das disciplinas da ciência cognitiva. Esta área de investigação cobre diversos domínios, examinando questões sobre a memória, atenção, percepção, representação de conhecimento, raciocínio, criatividade e resolução de problemas. Pode-se definir cognição como a capacidade para armazenar, transformar e aplicar o conhecimento, sendo um amplo leque de processos mentais.”

A percepção visual é uma das funções natas que nos permitem captar os estímulos visual do meio que nos cerca. Estes estímulos passam por um processamento visual que pode ser dividido, de forma bem simplista, em três estágios<sup>2</sup>:

1. estágio 1: processamento altamente paralelo de todos os estímulos, procurando extrair atributos básicos (orientação, cor, textura, padrões de movimento) de uma cena no campo visual. Estes atributos são codificados e retidos por um tempo muito curto numa memória sensorial ou icônica.
2. estágio 2: processamento serial dos dados da memória sensorial, agrupando-os em regiões/padrões por cor, textura e padrões de movimento. Neste estágio os padrões identificados são codificados e armazenados nas memórias de trabalho (de curto prazo) por algumas dezenas de segundos. Como a capacidade de armazenamento da memória de curto prazo é muito limitada, o mecanismo atencional é ativado para reter somente os itens de interesse. Experiências repetidas de um mesmo estímulo visual propiciam a passagem da informação da memória a curto prazo para a memória de longo prazo, onde ela pode durar de minutos e horas a meses e anos.

---

<sup>1</sup>[https://pt.wikipedia.org/wiki/Psicologia\\_cognitiva](https://pt.wikipedia.org/wiki/Psicologia_cognitiva)

<sup>2</sup>Colin Ware. *Information Visualization: Perception for Design*, 3a. edição, 2012, ISBN-10: 9780123814647

- estágio 3: processamento direcionado a tarefas com base nas informações retidas na memória de trabalho pelo mecanismo atencional e nos conhecimentos recuperados da memória de longo prazo.

Este modelo simplificado de processamento visual nos permite entender a diferença entre as duas tarefas perceptivas: **reconhecimento** (*recognition*) e **lembrança** (*recall*). Reconhecimento consiste na associação de um evento ou um objeto físico a uma informação disponível na memória. É uma atividade de comparação que pode ocorrer até de forma inconsciente e imediata. Lembrança, por sua vez, requer a busca de informações na memória de longo prazo, muitas vezes sem uma dica explícita para esta busca. Portanto, acredita-se que na solução de um problema não se limita apenas nas potencialidades cognitivas individuais, mas também nas faculdades cognitivas distribuídas, resultantes das interações do indivíduo com outras pessoas e “ferramentas cognitivas”. Muitas evidências no ambiente podem ser úteis na recuperação de conhecimentos da memória de longo prazo, desde que elas sejam cognitivamente simples.

### 2.3 Resolução de Problemas

Para desenvolvermos um sistema de analítica visual que efetivamente proporcione um suporte adequado à resolução de um problema, é fundamental que tenhamos uma noção como o nosso cérebro procede para chegar a uma solução. O entendimento dos processos de resolução de problemas permite estabelecer algumas diretrizes para os recursos que devem estar presentes no sistema.

Um fluxo para resolução de problemas é apresentado no artigo de Oz<sup>3</sup>. Ela consiste de 7 etapas:

- reconhecer ou identificar a existência do problema
- definir e representar mentalmente o problema
- desenvolver uma estratégia ou um plano de solução
- organizar o conhecimento sobre o problema
- destinar recursos mentais e físicos à resolução
- monitorar o progresso em direção ao objetivo

---

<sup>3</sup>Oz, Psicologia: Resolução de Problemas. Mundo de Oz, 2009 (<https://mundodeoz.wordpress.com/2009/12/27/resolucao-de-problemas/>).

### 7. avaliar a adequabilidade da solução

A sequência é iterativa, pois quando se percebe que não está fazendo progresso na linha planejada (item 6) ou a solução não é apropriada (item 7), volta-se ao item 3 para re-elaborar uma estratégia de resolução, ou até mesmo ao item 2 ou ao 1 para re-definir ou re-modelar o problema. Note que a resolução de problemas é, de fato, um exercício mental em que são desenvolvidas várias estratégias cognitivas.

Usualmente, quando os problemas são bem condicionados, com modelos bem estabelecidos, os passos 2–7) são sintetizados num procedimento/protocolo/algoritmo, facilitando a sistematização/automatização da sua resolução. Mas, quando os problemas são mal-condicionados, sem precedência, um sistema de análise visual pode nos ajudar em ganhar melhor entendimento dos dados em todas as etapas, e apoiar (1) na interpretação dos dados visualizados para identificar com precisão a fonte de um problema, monitorar os resultados e avaliar a adequabilidade das potenciais soluções, (2) na recuperação de casos similares que ajudem no modelamento de um problema e no planejamento da sua solução, e até (3) na reformulação dos problemas e das estratégias de abordagem caso os resultados obtidos estejam fora da expectativa. Resumindo, no contexto de resolução de problemas, um sistema de análise visual pode ser considerado como uma extensão da capacidade cognitiva do seu usuário.

## 2.4 Interface Homem-Máquina

Para que um computador possa estender efetivamente a capacidade cognitiva do seu usuário, é necessário que o computador exiba os dados armazenados nele de forma compreensível, respeitando os limites visuais, como acuidade, e explorando as capacidades natas de processamento do usuário, como pré-atenção e “Lei da Simplicidade”. De acordo com Yi e seus colegas<sup>4</sup>, há fatores numa interface que dificultam percepções dos detalhes de um problema (*insights*). Dentre os fatores estão uma codificação visual inadequada, baixa usabilidade e falta de organização das informações exibidas na interface. Veremos ao longo do curso que no projeto de uma interface, deve-se levar em conta estes fatores e explorar as faculdades perceptivas e cognitivas dos potenciais usuários para simplificar o projeto da interface sem comprometer a sua qualidade.

Além de prover uma boa visualização dos dados, um sistema de análise visual deve ser responsivo às ações do seu usuário de forma a promover

---

<sup>4</sup>DOI: 10.1145/1377966.1377971

uma sensação de exploração dos dados em diferentes níveis de abstração. De acordo com Jakob Nielsen<sup>5</sup>, para uma resposta em até 1s a um evento gerado pelo usuário, ele ainda consegue manter o seu fluxo de raciocínio sem se distrair. Isso implica em que no projeto de uma interface para um sistema de análise visual, deve-se sempre ponderar não só o tempo de processamento dos dados necessário para gerar uma resposta condizente com a intenção do usuário, como também a qualidade e a eficiência na escolha dos algoritmos de renderização aplicados na visualização.

A forma de exploração de um conjunto de dados é, porém, altamente dependente da forma de como os seus potenciais usuários raciocinam. A decisão pelas estratégias alternativas para mostrar os dados e pelos tipos de interação com estes dados deve ser customizada. Yi e seus colegas tentaram classificar-los em seguintes categorias:

1. seleção
2. exploração
3. rearranjo espacial
4. recodificação visual
5. abstração/detalhamento sob demanda
6. filtragem
7. identificação de padrões

Indenpendentemente das interações demandadas, Ben Schneiderman, precursor das pesquisas relacionadas com a interface homem-máquina, recomendou que oito regras de ouro sejam levadas em conta no projeto de uma interface produtiva e menos frustrante<sup>6</sup>:

1. consistência
2. atalhos
3. realimentações
4. diálogos conclusivos

---

<sup>5</sup><https://www.nngroup.com/articles/response-times-3-important-limits/>

<sup>6</sup><https://www.interaction-design.org/literature/article/shneiderman-s-eight-golden-rules-will-help-you-design-better-interfaces>

5. tratamento de erros
6. *undo*
7. controlabilidade
8. baixa demanda de memória de curta-duração

Mais que usuais aplicativos gráficos interativos, um sistema de suporte à construção de modelos mentais e de estratégias alternativas de soluções dispõe de vários níveis de abstração de um mesmo conjunto de dados. Uma visualização coordenada destes diferentes níveis de abstração facilitaria não só a exploração como o ganho das potenciais informações escondidas nos dados. Porém, como observou Scherr<sup>7</sup>, ela requer a resolução de problemas relacionados com o espaço da tela, desempenho dos computadores, a capacidade de assimilação dos usuários, e a coordenação da resposta a um evento numa representação específica com os outros níveis de abstração.

Enfim, veremos ao longo deste curso que o projeto de uma interface homem-máquina é crucial, porém desafiador, para um sistema de análise visual.

## 2.5 Exercícios

1. Pesquise quais são as leis (básicas) de *Gestalt*? Exemplifique-as.
2. Explique com suas palavras: “*visual perception is an exploratory process*”.
3. Qual das duas tarefas é menos demandante do processo cognitivo: reconhecimento ou lembrança? Justifique.
4. Dê um exemplo de problemas bem condicionados e um de problemas mal condicionados.
5. Pelo trecho abaixo extraído do livro de D. Keim e colegas, como se pode avaliar a efetividade de um sistema de análise visual na solução de um problema?

*“Problem solving involves gaining insight, and this occurs at different levels during the problem solving process. So we need to think about assessing the effectiveness of a design (in terms of interactivity and*

---

<sup>7</sup><http://www.mmi.ifi.lmu.de/lehre/ws0809/hs/docs/scherr.pdf>

*visualisation) on the generation of insight in: a) assessing the data and finding relationships, b) the capability to support hypothesis formulation, and c) how well the conclusions reached by the user at each stage of analysis can be traced so they can be verified by others.”*

6. Resolva o seguinte desafio matemático: coloque os números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 dispostos nas 9 casas de um tabuleiro de jogo da velha de maneira que a soma dos 3 algarismos de qualquer reta e qualquer diagonal resulte 15. Antes de você ver a solução em <https://www.somatematica.com.br/desafios/desafio8.php>, registre os passos que você usou para (tentar) solucionar o problema e compare-os com as 7 etapas apresentadas na Seção 2.3. (Alternativa: Pense num problema desafiador relacionado com a sua área profissional e tente organizar uma estratégia para a sua solução aplicando as 7 etapas apresentadas na Seção 2.3)
7. Avalie se as 8 regras de ouro estabelecidas pelo Ben Schneiderman são condizentes com as nossas percepções visuais e psicologia cognitiva.