

A Hipótese do Cérebro Bayesiano Sustenta o Relativismo Linguístico de Cores

The Bayesian Brain Hypothesis Holds the Linguistic Relativity of Colors

Matheus Dal’Puppo¹

E-mail: mate_dp@hotmail.com

Gabriel Jung do Amaral

E-mail: jungdoamaral@outlook.com

Daniel Uptmoor Pauly

E-mail: dupauly@gmail.com

RESUMO

O espectro visível de cores é categorizado de diferentes maneiras em diferentes línguas, contendo entre 2 e 12 termos básicos. Esse fenômeno linguístico ímpar origina uma grande questão: a diferença de categorização do espectro visível ocasiona uma diferente percepção do indivíduo? Nosso objetivo é responder à questão analisando diferentes propostas: (i) Relativismo Linguístico (respondendo positivamente); (ii) Universalismo das Cores (respondendo negativamente). Analisamos (i) e (ii) a fim de encontrar evidências experimentais que amparam as hipóteses. Posterior à análise, as evidências mostram que nossa percepção é influenciada pelas categorias linguísticas. Com o intuito de corroborar as evidências, justificamos (i) através da hipótese do Cérebro Bayesiano mostrando que afirmar (ii) desconsidera a forma como nosso sistema cognitivo opera. Analisamos diferentes formas de categorização de cores pelo mundo, mostrando experimentos que apontam a influência da categorização na percepção. Posteriormente justificamos este fenômeno utilizando a hipótese do Cérebro Bayesiano.

PALAVRAS-CHAVE: Percepção de Cores; Relativismo Linguístico; Cérebro Bayesiano; Penetrabilidade *Top-down*.

ABSTRACT

The visible color spectrum is categorized in various ways in different languages, having between 2 and 12 basic color terms. This unique linguistic phenomenon raises an important question: does a different categorization of the visible spectrum entail a different perception? Our goal is to answer this question by analyzing two distinct theses: (i) Linguistic Relativity (answers positively); (ii) Color Universalism (answers negatively). We analyze (i) and (ii) and look for empirical evidence to support them. The evidence found shows that our perception is influenced by linguistic categories. Therefore, we justify (i) using the Bayesian brain hypothesis by showing that claiming (ii) disregards the way our cognitive system works. We analyze different ways of categorizing colors around the world, showing experiments that point to the influence of categorization on perception.

KEYWORDS: Color Perceptions; Linguistic Relativity; Bayesian Brain; Top-down penetrability.

Introdução

¹ Programa de Pós-graduação em Filosofia – UNISINOS

O objetivo deste artigo é dar uma contribuição para a seguinte questão: a diferença de categorização do espectro visível ocasiona uma diferente percepção do indivíduo? Para isso, analisaremos como nosso sistema perceptual funciona, passando minuciosamente pelos mecanismos responsáveis pela percepção de cores, como a retina, o nervo óptico etc. Além disso, será necessário entendermos o que são cores e como a física as explica. Tendo isso como base, passaremos aos estudos linguísticos acerca da nomeação de cores, para chegar à questão chave do trabalho: categorias de cores influenciam nossa percepção?

Para resolvermos o problema proposto, será preciso entender como nossa percepção funciona, partindo do problema da percepção, visto por Hohwy (2014), que consiste em nosso cérebro não ter acesso direto ao mundo, sendo intermediado pelos sentidos. O que o cérebro tem a disposição são apenas os efeitos, tendo que inferir as causas. Dessa forma, o problema consiste em como nosso cérebro opera a fim de inferir essas “causas escondidas”. Uma possível solução é a teoria do Cérebro Bayesiano, a qual abordaremos para resolver o problema da percepção. Levando em conta o caráter neurocientífico da teoria do Cérebro Bayesiano, faremos uma breve análise da estatística bayesiana, a qual originou a teoria, para posteriormente entendermos como nossa percepção opera, de acordo com a teoria bayesiana.

Partindo de que nossa percepção das cores é categórica, analisaremos, por fim, o impacto que isso tem em como explicamos nossa percepção de cores. Isto é, como percebemos as cores categoricamente e de que forma explicaríamos isso dentro do escopo da teoria bayesiana?

Assim, a fim de contribuir com a questão “categorias de cores influenciam nossa percepção?”, é necessário transitarmos por diversas áreas de pesquisas, já que é um problema em que a resposta não é única e linear, e sim diversa e complexa. Para entendermos o problema e chegarmos a uma possível resposta, precisamos entender o que são cores; como funciona nosso sistema perceptual de cores; como a informação visual é processada no cérebro; como nossa percepção ocorre; como nomeamos cores; o que são categorias. Assim, este trabalho junta várias áreas de conhecimento a fim de buscar entender esse complexo problema.

Cores

Ao olharmos para um objeto, conseguimos distinguir algumas propriedades. Dentre essas propriedades, podemos destacar formas e cores. Tanto a forma quanto a cor dependem da estrutura física do objeto, a forma visível de um objeto depende de suas características macroscópicas; a cor, de suas características microscópicas. Porém, essa explicação física superficial não explica o que são as cores exatamente. Além disso, não explica ainda como as percebemos.

Cores são o conjunto, ou combinação, entre tonalidade, luminosidade e saturação. Alterando um desses três eixos altera a cor que experienciamos. A tonalidade descreve a dimensão de cor que estamos observando, por exemplo: azul, verde, amarelo etc. A luminosidade é a quão clara ou escura uma cor é, por exemplo: azul claro ou azul escuro. A saturação é determinada pela intensidade da cor. Essas características determinam, portanto, o grau de intensidade e clareza que uma tonalidade pode ter. Explicar as cores dessa maneira só é possível porque categorizamos frequências que chegam aos nossos olhos.

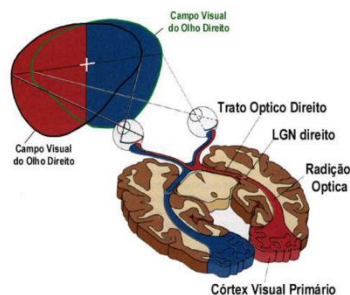
Processamento de estímulos visuais

Vários cientistas, linguistas, psicólogos e filósofos tentam explicar os problemas vinculados com a percepção de cores. Esses se tornam mais trabalhosos quando entendemos um pouco mais sobre a fisiologia do assunto, isto é, o funcionamento do nosso olho e de nosso sistema visual em relação às cores. Quando olhamos um objeto, com determinada luminosidade do ambiente, múltiplos processos externos e internos ocorrem ao mesmo tempo para que uma imagem seja formada em nosso cérebro. O olho humano é formado, basicamente, por: córnea; íris; cristalino; retina; e nervo óptico. Para enxergarmos, a luz passa pela córnea e atravessa o cristalino, sendo invertida e terminando na retina. Nossa retina, que cobre dois terços da parte de trás do olho, é responsável pelo amplo campo de visão que experimentamos. A retina é formada por fotorreceptores (cones e bastonetes), células bipolares, células amácrinas, células horizontais e células ganglionares. Divide-se em retina nasal (central) e retina temporal (periférica) (KOLB, 2003). Didaticamente, podemos entender essa formação como um bolo de três camadas. A camada mais baixa seria composta pelos cones e bastonetes. A camada do meio seriam as células bipolares, as células amácrinas

e as células horizontais. Já na camada mais alta, estariam as células ganglionares, ligadas às fibras do nervo óptico (LENNIE, 2003). Os cones e os bastonetes², chamados fotorreceptores, são células nervosas fotossensíveis, ou seja, são excitadas por fótons de luz, “traduzindo” a informação luminosa num processo eletroquímico que atua nas células bipolares e horizontais. Esse processo é chamado de transdução. Após a transdução, as células amácrinas influenciam a excitabilidade das células ganglionares. As células ganglionares são neurônios que transmitem para o nervo óptico a informação recebida das células amácrinas e bipolares (NISHIDA, 2012).

Depois da luz entrar na retina e ser traduzida fotoquimicamente, essa informação é levada do nervo óptico até o Tálamo (BRAZIS, 2014). O nervo óptico é formado por células ganglionares, isto é, são neurônios cujas prolongações axônicas dão origem ao nervo óptico. Há cerca de 1,2 milhão de células ganglionares no nervo óptico. O caminho que os nervos ópticos fazem são cruzados (figura 1), ou seja, o nervo óptico direito vai para o hemisfério esquerdo e vice-versa (NISHIDA, 2012). No ponto em que eles se cruzam (quiasma óptico), as fibras da retina nasal (central) mantêm seu caminho rumo ao núcleo geniculado lateral de cada hemisfério cerebral (LGN, sigla em inglês), encaminhando-se para o hemisfério de lado oposto, localizado no Tálamo, enquanto as fibras oriundas da retina temporal (periférico) se juntam com as fibras nasais opostas, ficando no mesmo hemisfério do qual vieram (não invertem) (GOURAS, 2009). Após passar pelo LGN, os neurônios talâmicos se ligam com o lobo occipital. Os axônios desses neurônios se ligam ao córtex visual primário (RIZZO, 2005).

Figura 1 – Imagem mostrando o caminho feito pela informação chegada na retina até o córtex visual.



Fonte: Nishida (2012).

A informação que o LGN recebe dos fotorreceptores da retina são passadas para o córtex visual primário, um dos níveis do córtex visual responsável pela orientação e delimitação (neste caso, de objetos). O córtex visual primário é dividido em mais seis

² O olho humano possui três tipos de cones, cada um responsável por um intervalo de comprimento de onda.

camadas (HUFF; TADI, 2019). Segundo alguns neurologistas, a quarta camada é responsável por receber as informações vindas do LGN, mandando a informação recebida para o córtex visual pré-estriado (V2), sendo esta área responsável pelo reconhecimento de frequências espaciais, padrões de moderada complexidade e orientação de objetos. O V2 manda uma espécie de *feedback* para o V1, melhorando a complexidade dos padrões de luminosidade e orientação espacial (WANDELL; DUMOULIN; BREWER, 2009), para então o sinal ser mandado à área visual V4, uma área com grande concentração de células sensíveis a cores, o que alguns cientistas chamam de centro das cores [*Color Centre*] (BARTELS; ZEKI, 2000), embora ainda haja controvérsias sobre o local em que a informação provinda dos fotorreceptores é processada, tendo como fim o reconhecimento das cores³.

As explicações neurocientíficas e físicas nos ajudam a entender os processos que estão acontecendo em nosso cérebro, como sinais sinápticos etc. Porém, ainda há algumas (ou várias) questões que não são respondidas de maneira tão definida. Isto é, falar de comunicações entre neurônios não explica tudo sobre o assunto. Entender, por exemplo, como um conjunto de fótons de luz, que convergem em nossa retina, transformam-se em uma imagem não é uma tarefa simples. Além disso, como chamamos esse resultado (imagem) por nomes, isto é, como fótons de luz, que excitam neurônios e são processadas no córtex visual, se “transformam” em uma imagem nomeada por uma determinada palavra (GEGENFURTNER, 2003)?

Formas de nomear cores ao redor do mundo

Um fenômeno da língua consiste em categorizarmos cores, isto é, atribuímos um nome a cada uma das diferentes frequências em certos intervalos. Por exemplo, chamamos o intervalo entre ~635nm (nanômetros) à ~700nm de vermelho; ~400nm - ~450nm de violeta; ~560nm - ~590nm de amarelo. Porém, essa é a forma com a qual categorizamos cores na língua portuguesa. Nomeamos determinadas frequências arbitrariamente, isto é, chamamos as cores da forma que aprendemos, e esta distinção é compartilhada pelos falantes da língua. Pessoas com uma visão normal, falantes da mesma língua, concordam com que as cores têm o mesmo nome. O que na verdade estamos nomeando é a experiência causada por determinadas frequências (que se distinguem por seu comprimento de onda). Podemos

³ Dentre essas controvérsias, está a discussão se cores são processadas apenas na área visual V8, tendo como forte exemplo o estudo de N. Hadjikhani (1998), que mostrou evidências para sustentar a hipótese.

concordar que o mundo que observamos é o mesmo. Porém, no tocante às cores, as nomeamos de maneira diferente em diferentes línguas. O que significa que não é necessário apenas poder ter certas experiências para categorizar e nomear cores: precisamos também aprender socialmente a atribuir certos nomes a certas experiências.

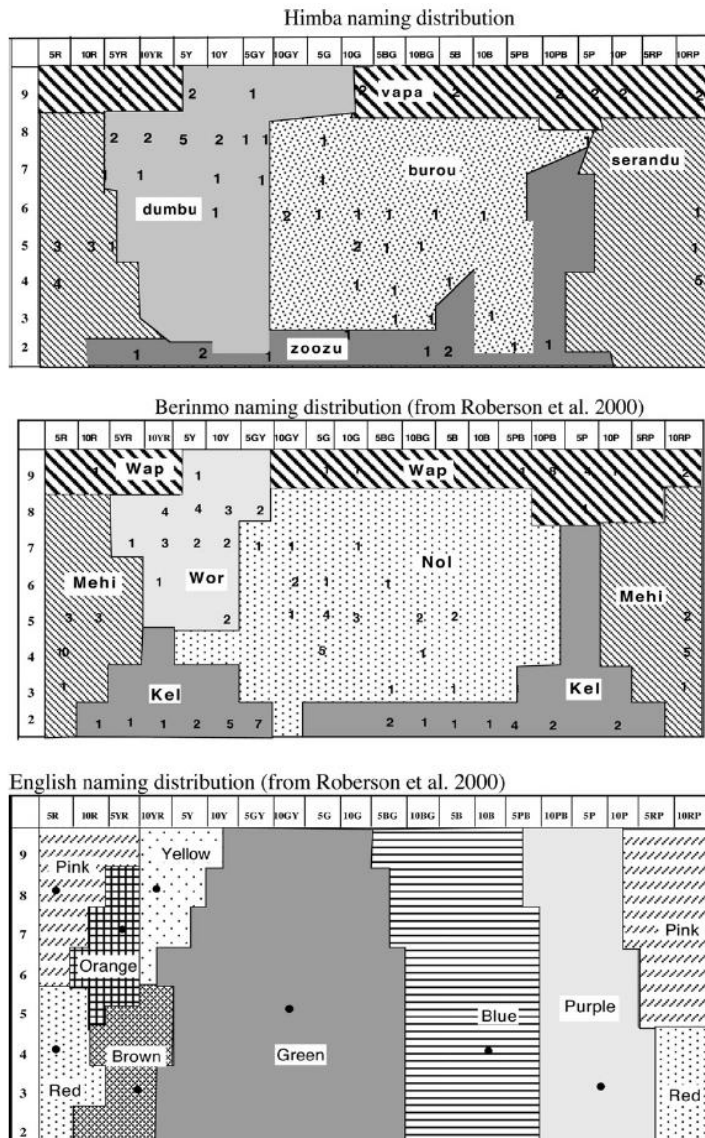
Nomes básicos para cores, ou termos básicos, são expressões para conceitos usadas para referir as cores que nomeamos sem nenhum adjetivo adicional — sem necessidade de adicionar expressões como ‘claro’, ‘escuro’, ou assim como tal coisa etc. Um termo básico para uma cor é o que linguistas chamam de categoria (WITZEL; GEGENFURTNER, 2018; BERLIN; KAY, 1969). A língua portuguesa, assim como o inglês, tem onze nomes básicos para cores. Assim, um exemplo de termo básico no português seria azul, sendo que azul claro ou azul escuro não seriam categorias. Os termos básicos para cores, na língua portuguesa, são: vermelho, azul, verde, amarelo, branco, preto, rosa, roxo, cinza, laranja e marrom. Dessa forma, podemos dizer que a língua portuguesa tem onze categorias para cores. Ou seja, categorizamos todas as frequências, capazes de excitar nossos fotorreceptores, em onze categorias distintas. O azul não é verde, o verde não é amarelo, o amarelo não é laranja, o laranja não é vermelho, e assim por diante.

Porém, essa é a forma como nós categorizamos. Dentre as variadas línguas humanas, há variadas formas de categorizar cores. A língua russa e a grega têm doze termos básicos para cores (MAIER; RAHMAN, 2018; THIERRY et al., 2009), dividindo o que categorizamos como azul em dois termos. Claro que podemos ser recursivos e dizer ‘o azul mais claro’, ‘o azul claro’ e ‘o azul escuro’, mas estamos distinguindo apenas as diferenças dentro de um mesmo termo básico, para nós. Os termos básicos mencionados acima são um tanto quanto simples de entendermos, já que é uma bipartição de um termo básico da língua que falamos (azul na língua portuguesa).

Essa fácil compreensão não se repete ao analisarmos línguas com apenas cinco termos básicos. O berinmo e o himba, duas línguas faladas em Papua Nova Guiné, dividem o espectro de cores em cinco termos básicos (fig. 2). No caso do himba, o termo *dumbu* serve para nomear o que no português seriam tons de verde, tons de amarelo, tons de laranja, tons de marrom e tons de rosa. Já o termo *burou* são tons de roxo, azul e verde. Essas distinções são muito semelhantes no berinmo, em que o termo *wor* nomeia quase o mesmo que *dumbu* nomeia, e o termo *nol* o que *burou* nomeia. O caráter universal que as cores parecem ter enfraquece quando nos deparamos com a forma com a qual diferentes culturas nomeiam cores.

Recentes estudos mostram que nossa percepção é categórica (DAVIDOFF, 2001; ROBERSON; DAVIDOFF; DAVIES; SHAPIRO, 2004). Isso significa que se ouvirmos em um *continuum* os sons *ba* e *pa*, sendo que várias vezes se repete um em transição para outro, ouviríamos *ba* ou *pa*, não havendo meio termo entre eles. Pois não há um meio termo entre *ba* e *pa*. Isso significa que nossa percepção ocorre de forma categórica, isto é, divide entre uma coisa ou outra. Assim também ocorre com estímulos coloridos, os percebemos de forma categórica (“azul” não é “amarelo”). Analisando a língua berinmo e a língua himba, no entanto, percebeu-se uma grande diferença entre a percepção categórica de cores entre línguas. Nessas línguas, as barreiras entre as cores são diferentes de como nós, falantes do português, as concebemos, pois conseguimos distinguir a barreira entre o verde e o azul, entre o verde e o amarelo, o amarelo e o rosa, o amarelo e o marrom etc. Portanto, dentro desse *continuum*, categorizamos o que é azul, verde, amarelo, marrom, rosa etc. Porém, isso não acontece com os falantes de berinmo e himba. E este fato é ocasionado por suas diferentes categorizações. Analisando a figura 2, podemos ver os limites entre as categorias himba e berinmo. Dentro de um *continuum*, para falantes dessas línguas, não há transição entre o que chamamos de azul e verde. Para nós, falantes de línguas que não categorizam o espectro de cores da mesma forma, não conseguimos distinguir a diferença entre as categorias *dumbu/burou* (himba) e *wor/nol* (berinmo). Esses estudos, realizados por Roberson et al (2004), são fortes evidências de que a língua do falante determina a percepção categórica. Ou seja, nossa percepção categórica é moldada pela língua que falamos.

Figura 2. Categorias de cores na língua Himba, Berinmo e Inglês, respectivamente.



Fonte: “Color categories: evidence to cultural relativity hypothesis” em Roberson and colleagues.

Relativismo linguístico vs. Universalismo das cores

As teses da seção anterior são relacionadas com a teoria proposta por Benjamin Lee Whorf (conhecido como paradigma Sapir-Whorf), que afirmava que a língua de um falante altera a forma como ele pensa e como percebe o mundo (LUCY, 2001). Vários experimentos e teorias surgiram em oposição, argumentando que cores são categorias universais, dando origem ao universalismo das cores (BERLIN; KAY, 1969). Berlin e Kay, propuseram que cores são universais e seguem uma evolução. Baseando-se em um estudo empírico de 20

línguas, perceberam que línguas com dois termos para cores continham preto e branco; línguas com três termos continham preto, branco e vermelho; línguas com quatro termos continham os anteriores mais o verde; línguas com cinco ou seis, os anteriores mais amarelo ou azul; línguas com sete, os anteriores, mais marrom; e as com mais termos contêm todas as cores citadas mais o rosa e o cinza.

Entretanto, após evidências de que os estágios evolucionários não seguiam o mesmo padrão encontrado nas vinte línguas (além do experimento ter sido feito com falantes bilíngues, isto é, falavam uma das vinte línguas mais o inglês), Berlin e Kay alteraram sua teoria universal das cores. Dessa forma, vários estudos e experimentos mostraram que a hipótese do relativismo das cores, proposta primeiramente por Whorf (1956), ainda se sustenta. Embora de uma maneira mais fraca e não tão radical como Whorf, Davidoff (2001) mostrou que falantes de berinmo tinham diferentes categorias para cores (não seguindo os estágios evolucionários proposto por Berlin e Kay) quando analisados frente a falantes de inglês. Além disso, Regier e Kay (2009), chegaram à conclusão de que Whorf estava parcialmente certo (o nome do artigo é “Linguagem, Pensamento e cores: Whorf estava Meio Certo” [*Language, Thought and colors: Whorf was Half Right*]), concluindo que a percepção de cores é influenciada pela língua do falante, mas apenas no campo visual direito (sigla em inglês RVF [*Right Visual Field*]), localizado no hemisfério esquerdo do cérebro, composto por algumas áreas responsáveis pela linguagem, como a área de Wernick e a área de Broca. Isto é conhecido como lateralização do processamento, quando apenas um hemisfério é responsável pelo processamento de um estímulo dado sua colocação no campo visual (GILBERT et al., 2008). Assim, esse estudo sugere que, embora seja apenas o RVF que influencia a percepção de cores, ainda assim nossa percepção é influenciada pelo conteúdo semântico que uma palavra para cor pode ter.

Podemos afirmar que nossa percepção é influenciada por nossa língua, ocasionando uma percepção categórica das cores. Mas como isso ocorre não está claro até este momento. Também podemos dizer, a partir dos estudos das línguas berinmo e himba, que cores não existem no mundo, já que a forma com a qual categorizamos as frequências chegadas aos nossos olhos mudam de língua para língua⁴. A percepção dos limites (*boundaries*) não é

⁴ Verde, ou green, ou Grün, são categorias em que se pode fazer uma correlação de identidade, já que têm a mesma referência no espectro de cores. Já *dumbu* e *burou* fazem, os dois, referência ao que categorizamos como verde. Assim, não estamos falando da mesma categoria ao conversarmos com um falante da língua himba. Pois o que eles categorizam como *dumbu* pode ser tanto rosa como verde. Esta é uma questão difícil de se entender, pois a cor focal (a cor de melhor exemplo para a matiz) de *dumbu* não se encaixa no que categorizamos como nenhuma das categorias dos tons presentes em *dumbu*. Para nós, a cor focal de verde, amarelo, marrom, laranja e rosa não são apenas uma, o que acontece no caso do himba, em que a cor focal de *dumbu* é o que categorizamos como verde.

idêntica em línguas que categorizam o espectro das cores de maneira distinta — não conseguimos encontrar a barreira entre o *wor/nol* da mesma forma que falantes de berinmo não conseguem encontrar a barreira entre *verde/azul* (ROBERSON; DAVIDOFF; DAVIES; SHAPIRO, 2004). Mas de que forma isso ocorre? De que forma nossos conceitos (categorias de cores, nesse caso) influenciam nossa percepção?

O cérebro como um testador de hipótese

O cérebro como um testador de hipóteses é uma teoria proposta, primeiramente, por Helmholtz (1860/2007). Quando falamos de processamento cerebral, da forma como neurônios se comportam e o resultado desse comportamento, estamos fazendo uma ligação entre o mundo externo e o mundo interno. Dado que o mundo externo é acessível à cognição somente por meio de *inputs* e, sendo esses *inputs* estímulos ambíguos ou, no melhor dos casos, sinais degradados por conta de mecanismos anatômicos, a teoria do cérebro como testador de hipóteses busca explicar como podemos perceber formas definidas provenientes de estímulos pouco definidos.

O problema da abdução

Supondo que somos nosso cérebro e uma caixa seja nosso corpo, tudo o que acontece no exterior da caixa é o mundo e não temos acesso direto ao que está ocorrendo fora da caixa. A única forma de sabermos o que acontece fora da caixa é pelos barulhos que chegam até ela. Assim, o que faríamos seria elaborar hipóteses acerca desses sons disponíveis para nós (HOHWY, 2014). Esta é uma analogia para explicar que nosso cérebro não tem acesso direto ao mundo, tendo que interpretá-lo usando como conteúdos os *inputs* que chegam pelos sentidos. A partir desse cenário, surge um problema: como podemos inferir as causas a partir dos efeitos que chegam ao cérebro por meio dos sentidos? Esse problema é conhecido como o problema da abdução, semelhante ao problema da indução de Hume.

A inferência abdutiva parte dos efeitos às causas (“A grama está molhada, logo choveu”), diferente da inferência indutiva, que, a partir das causas, infere os efeitos (“Se eu abrir a torneira, irá sair água”). A noção de causa e efeito tem relação com o movimento lógico-inferencial no qual um fato ou evento implica outro ($A \rightarrow B$). Porém, ao contrário do

que pensamos, e que já foi visto por Hume (1748/2006), a relação causal (representada por um tipo especial de implicação material: $A \rightarrow B$) não está na natureza, e sim na mente humana.

O problema que surge a partir da explicação do cérebro na caixa é que um efeito (*input*) pode ter múltiplas causas (mundo exterior) — ao contrário da discussão humeana sobre a inferência indutiva, que foca na questão dos múltiplos efeitos possíveis: em como uma causa pode ter vários efeitos (abrir a torneira e sair água, ou não sair água, ou sair uma salamandra, ou um fantasma etc.).

Retomando a analogia do cérebro na caixa, ao ouvirmos um barulho (*input*) oriundo de fora (mundo externo), como *tóc-tóc-tóc* a aproximadamente 200 batidas por minuto (bpm), como não temos acesso direto ao que está acontecendo externamente, temos que formular hipóteses que expliquem bem a evidência. Poderíamos dizer, um tanto metaforicamente, que (1) é um pica-pau bicando o exterior da caixa, ou (2) é uma pessoa batendo fora da caixa, ou (3) é um extraterrestre atirando com sua arma *laser*. Portanto, o que temos são apenas os efeitos, e temos de inferir a causa, sendo que o efeito é o barulho (*tóc-tóc-tóc* a 200 bpm) e a causa é uma das três hipóteses formuladas acima. Trata-se de uma inferência abduativa, isto é, infere-se, a partir do efeito à causa. Para descrevermos satisfatoriamente esses movimentos inferenciais usamos probabilidade bayesiana:

$$\left(p(h|e) = \frac{p(e|h) \cdot p(h)}{p(e)} \right)$$

Essa fórmula descreve que: a melhor hipótese que explica a evidência é o resultado da probabilidade da evidência (barulho) ser explicada pela hipótese, vezes a probabilidade de a hipótese existir por si só, sendo tudo isso dividido pela probabilidade da evidência existir.

Analisemos qual das três hipóteses formuladas melhor explicam a evidência. (1) A probabilidade da hipótese ($p(h)$) existir por si só é alta (a hipótese existir recebe o valor 1), porém, um pica-pau conseguir bater em uma caixa a 200 bpm ($p(e|h)$) é algo quase impossível (por não haver pica-paus assim, consideremos que o valor seja $<0,01$), não explicando bem o efeito. Assim, ao multiplicarmos $0,01$ ($p(e|h)$) (considerando que não há pica-paus capazes de bater a 200 bpm) por 1 ($p(h)$), temos o resultado de $0,01$ ($0,01 \cdot 1 = 0,01$). (2) A probabilidade da hipótese ($p(h)$) existir por si só é alta (a hipótese existir recebe o valor 1), além disso, a probabilidade de uma pessoa bater em uma porta a 200 bpm ($p(e|h)$) também é alta e explica muito bem o efeito (a probabilidade ser alta, e explicar bem a evidência, recebe um valor $>0,5$ - considerando que nem todas as pessoas conseguem bater nessa velocidade, embora tenham esse potencial). Logo, multiplicando $0,5$ ($p(e|h)$) por 1 ($p(h)$), temos um resultado de $0,5$ ($0,5 \cdot 1 = 0,5$). (3) A probabilidade da hipótese ($p(h)$) existir por si só é baixa, levando em consideração que até hoje não se teve indícios de vida fora do planeta Terra (a

hipótese recebe valor $<0,0001$). Já a probabilidade de uma arma *laser* atirar a 200 bpm é alta, explicando muito bem a evidência (a probabilidade ser alta e explicar a evidência recebe valor $>0,8$). Então, multiplicando $0,0001$ ($p(e|b)$) por $0,8$ ($p(b)$), temos como resultado $0,00008$ ($0,8 \cdot 0,0001 = 0,00008$). Todos os resultados que obtivemos de (1), (2) e (3) são divididos pelo mesmo número, a probabilidade de a evidência existir ($p(e)$), que nesse caso podemos dar o valor de 1, pois estamos considerando que ela existe.

A hipótese a ser escolhida como a que melhor explica a evidência é a que tem o maior resultado. Portanto, escolheríamos a hipótese de que é uma pessoa batendo na caixa. Não escolheríamos um pica-pau bicando a caixa, pois embora pica-paus existam, eles não conseguiriam bicar a caixa na velocidade que se ouviu, portanto, a hipótese não explica bem a evidência. Também não escolheríamos a arma do extraterrestre, embora, ao contrário do pica-pau, explique muito bem a evidência, a possibilidade da existência de um extraterrestre é muito baixa.

Percepção bayesiana

A percepção ocorrer de forma preditiva é derivada da teoria do Cérebro Bayesiano. De acordo com ela, o cérebro tem acesso ao mundo por intermédio dos sentidos, e sua tarefa é compreender de forma abduativa os estímulos sensoriais que chegam até ele. Porém, os *inputs* provenientes do mundo estão cheios de irregularidades, sendo que o cérebro, através da percepção preditiva, é o responsável por ordenar essas irregularidades (HOHWY, 2014). Por não ter acesso direto, o cérebro cria um modelo interno do mundo para prever a realidade. Dessa forma, antes mesmo dos fótons de luz, por exemplo, chegarem a sua retina, seu cérebro já está predizendo isso. Essa predição é o que chamamos de percepção, sendo que, quanto menor for o erro dessa predição, mais similar com o mundo a representação que seu cérebro cria está. Portanto, a teoria é, basicamente: o cérebro tenta encontrar regularidades na natureza, mesmo não tendo acesso direto a ela; tentando prever acuradamente, de forma calculada, a realidade, a fim de diminuir o erro de predição, e evitar ter de se corrigir.

Assim, o modelo de mundo, também chamado de modelo generativo, é a forma como o cérebro representa (internamente) o mundo. Uma segunda tarefa da percepção (a primeira seria a própria predição) é atualizar o modelo generativo, sendo que essa atualização é feita quando há um erro de predição (quando o modelo generativo não condiz com os

dados recebidos dos sentidos). Essa comunicação entre o modelo generativo e os *inputs* sensoriais (resultando no erro de predição) se dá em níveis hierárquicos, sendo que os níveis mais elevados⁵ (*high-levels*) correspondem aos neurônios responsáveis pelo processamento de informação, enquanto os níveis mais baixos⁶ (*low-levels*) estão relacionados a neurônios receptores de informação sensorial (FRISTON, 2010).

Comumente pensa-se que os *inputs* sensoriais percorrem o caminho para chegar aos níveis mais elevados. Porém, o caminho feito é ao contrário, pois, como a predição vem antes dos *inputs* sensoriais, o caminho feito é de cima para baixo (*top-down*) e não de baixo para cima (*bottom-up*). Desta forma, a maneira como nós percebemos é pelo modelo generativo, e não da forma como o mundo realmente é. Assim, pois, níveis hierárquicos superiores influenciam níveis inferiores. Se retomarmos o exemplo da seção anterior (pessoa dentro de uma caixa), perceberemos a influência que nossa escolha da hipótese que melhor explica a evidência tem, uma vez que a única evidência que tínhamos era um ruído incerto (apenas categorizamos ele como batidas a 200 bpm), sendo que poderíamos formular milhões de hipóteses que explicassem essa evidência. Apenas escolhemos a hipótese (1), pois levando em consideração experiências passadas (*perceptual priors*), através de um cálculo probabilístico bayesiano, concluímos que a hipótese (1) explicava melhor a evidência. Entretanto, isso não quer dizer que essa era de fato a hipótese correta, mas sim a que melhor se encaixava nas evidências disponíveis.

Para entendermos melhor como a estatística bayesiana serve para explicar como nossa percepção opera, consideremos as seguintes variáveis: 1) *posterior probability*⁷; 2) *likelihood*⁸; e 3) *prior probability*⁹. Segundo a fórmula de Bayes, essas variáveis se organizariam da seguinte maneira: $posterior\ probability = likelihood \cdot prior\ probability$. Correspondendo, respectivamente, à: $p(b|e)$; $p(e|h)$; e $p(h)$. Como dito anteriormente, antes da informação sensorial chegar ao nível de processamento, o cérebro já estava predizendo isso. Ou seja, estava fazendo um processo inferencial. Desta forma, a percepção é a inferência que melhor explica a evidência. Se analisarmos novamente a fórmula ($posterior\ probability = likelihood \cdot prior\ probability$), perceberemos que nossas hipóteses que melhor explicaram a evidência no passado (*priors*), são determinantes para o resultado de nossa percepção (*posterior*). Esse processo ocorre pelo fato do cérebro procurar regularidades no mundo. Para melhor encontrá-las, ele precisa minimizar o erro de predição (a divergência entre o modelo

⁵ Um exemplo de nível elevado é o córtex visual (FRISTON, 2010).

⁶ Um exemplo de nível baixo é o LGN (FRISTON, 2010), comentado na seção 1.2.

⁷ Probabilidade posterior.

⁸ Probabilidade.

⁹ Probabilidade anterior.

generativo e o mundo externo). Portanto, a tarefa da percepção é a otimização do modelo generativo, acontecendo quando há um erro de predição, isto é, quando os níveis hierárquicos superiores geram uma predição que não condiz com os *inputs* vindos dos níveis inferiores. Dessa forma, o erro de predição é o que chamamos de surpresa, um resultado inesperado ao organismo. O cérebro precisa de um modelo preciso para evitar a surpresa. Caso o modelo generativo não seja preciso, as irregularidades (ruídos) que chegam aos sentidos passariam dos níveis hierárquicos inferiores aos superiores gerando erro de predição no organismo, ou seja, a cada movimento que acontecesse geraria surpresa ao organismo, impedindo-o de se manter em estados em que sua entropia é menor (ver FRISTON, 2010).

Influência Top-Down na Percepção

A percepção ser preditiva é derivada de níveis hierárquicos de processamento cerebral. Níveis mais elevados na hierarquia geram uma expectativa, uma predição, ao *input* que está vindo do nível hierárquico inferior. Assim, a regra de Bayes é aplicada em diferentes níveis, gerando predições acerca do que está sendo processado nos níveis abaixo. Dessa forma, é dito que há uma penetrabilidade *top-down*, em que níveis superiores de processamento influenciam níveis inferiores, havendo, desta forma, uma influência da cognição na percepção. Essa é uma tese contrária às teorias *bottom-up* (PYLYSHYN, 1999; FODOR, 1983), que defendem que “[...] fatores cognitivos de níveis superiores, como estados mentais e conhecimento contextual, não podem, como não influenciam o processamento de níveis inferiores de *inputs* sensoriais” (OTTEN; SETH; PINTO, 2016, p. 3, tradução nossa, grifo nosso)¹⁰.

Para sustentar que o cérebro opere de acordo com a regra bayesiana, é necessário assumir a penetrabilidade *top-down*. Entretanto, essa suposição não é meramente teórica. Existem diversos experimentos que demonstram essa penetrabilidade de estágios superiores de processamento cognitivo nos níveis sensoriais (MARX; EINHAUSER, 2014; SUMMERFIELD et al, 2008; BALCETIS. DUNNING, 2006).

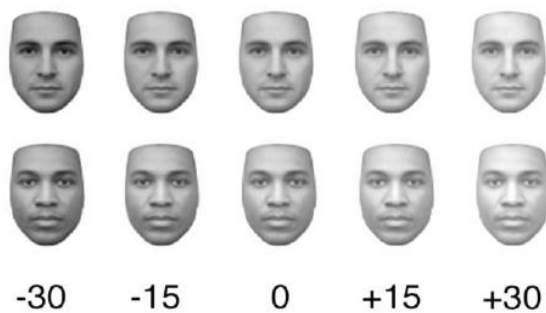
Um dos experimentos realizados por Levin e Banaji (2006) demonstrou que a percepção é influenciada por *perceptual priors*. Foram apresentados dois estímulos em um monitor, ambos com o mesmo grau de luminosidade e saturação: uma face com

¹⁰ “[...] high-level cognitive factors such as mental states and contextual knowledge do not and cannot affect low-level processing of sensory input” (OTTEN; SETH; PINTO, 2016, p.3).

características caucasianas e outra com características africanas. As duas faces (figura) eram apresentadas ao mesmo tempo, uma delas sendo a referência e a outra ajustável. A tarefa consistia em ajustar o brilho da face ajustável a fim de ter o mesmo brilho da face referência. O resultado obtido foi de que: “Os participantes escolheram menos luminância para faces negras como referência do que faces brancas” (LEVIN; BANAJI, 2006, p. 504, tradução nossa)¹¹. Ou seja, se a face referência fosse negra, a luminância da face ajustável (branca) era diminuída, deixando a face ajustável mais escura. O contrário acontecia quando a face branca era a referência, sendo o grau de luminosidade da face ajustável (negra) aumentado.

Isso mostra-nos que antigos *priors* influenciam a percepção. Se analisarmos isso segundo a forma de bayes, seria coerente chegarmos à conclusão de que faces com características negras são mais escuras que as faces com características brancas, dada a evidência de que até hoje vimos faces negras mais escuras comparadas à faces brancas¹². Esse efeito observado não pode ser explicado por teorias *bottom-up*, visto que estas necessitam amparar a causa desta mudança de percepção em diferenças de estímulo ou processamento sensorial. Entretanto, da mesma forma como diversas ilusões de óptica, as teorias *top-down* são capazes de explicar diferenças perceptivas na ausência de diferenças de estímulo.

Figura 4. Graus de saturação e luminosidade de faces utilizadas no experimento de Levin e Banaji.



Fonte: “Distortions in the Perceived Lightness of Faces: The Role of Race Categories” de Levin e Banaji (2006).

¹¹ “Subjects chose less luminant samples for Black reference faces than for White faces” (LEVIN; BANAJI, 2006, p. 504).

¹² Importante ressaltar que esta conclusão não implica em nenhuma perspectiva racista, visto que ela somente busca afirmar que há influências de experiências prévias, por parte do sistema perceptual, que modulam experiências futuras. O caso dos rostos não envolve nenhum julgamento de valor, simplesmente uma percepção da incidência de luminosidade sobre as faces, que são experienciadas pelos indivíduos de forma diferente conforme as suas experiências passadas. Cores prototípicas, isto é, aquelas normalmente associadas aos objetos (como o amarelo da banana), são mais facilmente processadas do que as outras cores (Vandenbroucke et al, 2016). Isso representa o mesmo caso do experimento das faces. A experiência é modulada pelas expectativas que o sistema perceptual tem em relação à frequência de certas combinações de *inputs* recebidos.

Percepção moldada

Para responder à questão levantada no final da seção 1.4 (“De que forma nossas categorias linguísticas de cores influenciam nossa percepção?”) foi necessário primeiramente apresentarmos a teoria do cérebro bayesiano (proposta por Hohwy (2014); Andy Clark 2015), a fim de notarmos a influência dos níveis hierárquicos na percepção. Dessa forma, analisaremos, neste capítulo, se há uma possível intersecção entre a teoria do relativismo linguístico das cores (a percepção categórica é alterada de acordo com a língua) frente a teoria do cérebro bayesiano.

A categorização de cores não está no córtex visual

Existem múltiplas formas de abordar o estudo do processamento de cores no cérebro, devido à grande abrangência dos processos envolvidos. Isso se dá por conta do longo caminho que um *input* sensorial faz para ser processado e compreendido como o que chamamos usualmente de cor. Primeiramente, (1) os fótons de luz (frequências a determinados comprimentos de onda) chegam a nossa retina, (2) excitando os fotorreceptores (cones e bastonetes), (3) gerando um sinal para o nervo óptico, (4) carregando a informação (comunicação sináptica) até o tálamo, no LGN, (5) enviando o sinal para o córtex visual, (6) sendo processado, subindo os níveis do córtex visual, excitando as células sensíveis a cores (localizadas no V3¹³ (OTTEN; SETH; PINTO, 2016)).

Da mesma forma que os cones não processam cores (apenas são fotorreceptores que são excitados com frequências entre ~400nm à ~700nm), o córtex visual não é responsável pela categorização das cores. Como vimos acima, o córtex visual é responsável pelo processamento de frequências visíveis, isto é, células que são sensíveis aos sinais enviados do LGN ao córtex visual, ao excitadas, ativam uma gama de neurônios da área. Porém, isso não quer dizer que seja responsável pela categorização de cores, já que a categorização tem a ver com a linguagem (DAVIDOFF, 2001). Se afirmarmos que a categorização de cores está no córtex visual, seria o mesmo que afirmarmos que a categorização de objetos também está,

¹³ Há vários outros estudos que mostram que, possivelmente, as células sensíveis a cores no córtex visual estejam no V4 α (BARTELS;ZEKI, 2000), ou no V8 (HADJIKHANI, 1998). Embora essas pesquisas sejam relevantes para a questão do processamento das cores, não nos deteremos a explorar esse assunto a fundo nesse trabalho.

pois é o córtex visual o responsável pelo primeiro processamento dos *inputs* sensoriais da visão. Com o avanço da interdisciplinaridade em laboratórios de neurociências cognitivas¹⁴, a pesquisa sobre o efeito da percepção categórica em relação a cores expandiu-se. Bird et al, encontraram, com um experimento de fMRI (do inglês *functional Magnetic Resonance Imaging*), que cores são

[...] codificadas categoricamente, mesmo quando a diferença entre tons é irrelevante para a tarefa a ser feita. As únicas regiões corticais que mostraram o efeito categórico foram o córtex pré-frontal dorsolateral em ambos hemisférios, sugerindo que a codificação automática de cores ocorra a um estágio conceitual de processamento (BIRD; BERENS; HORNER; FRANKLIN, 2013, p.5, tradução nossa).¹⁵

Se classificarmos níveis de processamento de forma hierárquica, um estágio conceitual (córtex pré-frontal dorsolateral), como dito por Bird et al, estaria acima do nível de processamento visual (córtex visual). Isso nos leva a inferir que a categorização faz parte de um nível hierárquico elevado (*high level*). Assim, o papel do córtex visual no processamento de cores é somente o de reconhecimento de frequências do espectro visível, isto é, ao olharmos para um objeto que estimula os fotorreceptores, o córtex visual “interpretará” esse sinal como colorido¹⁶ e não como vermelho, azul, amarelo etc.

Percepção categórica e compreensão

Algo a ser notado é a integração de vários níveis de processamento cerebral que “dão cor ao mundo que enxergamos”. Pode-se inferir isso a partir de estudos em pacientes com lesões cerebrais específicas. Se há uma lesão, ou deficiência, em algum desses níveis, quer seja um mais baixo ou um mais elevado, há uma disfunção na percepção. Se a uma pessoa nascer sem um dos cones, ela será daltônica, ou seja, não verá todo o espectro visível de

¹⁴ Juntando várias áreas de conhecimento, como neurociência, computação, psicologia, linguística, filosofia, matemática, biologia, entre outras.

¹⁵ [...] color is encoded categorically, even when hue differences are irrelevant to an ongoing task. The only cortical regions to show the categorical effect were in the dorsolateral prefrontal cortex in both hemispheres, suggesting that automatic categorical encoding of colors occurs at a conceptual stage of processing (BIRD; BERENS; HORNER; FRANKLIN, 2013, p.5).

¹⁶ Colorido, neste caso, quer dizer que há uma frequência dentro do espectro visível de cores que chegou até a retina e foi passada adiante até o córtex visual

cores por uma deficiência de filtragem do *input* sensorial¹⁷. Caso a lesão seja em um nível de processamento, como o córtex visual, ocorre um fenômeno chamado de acromatopsia, “[...] o nome dado a uma condição causada por uma lesão no córtex occipital ventral [*ventral occipital cortex*] que causa uma perda da habilidade de reconhecer cores sem perda da percepção de forma e movimento” (SHAPLEY; HAWKEN, 2011, p.704)¹⁸. Já se a lesão for em um nível superior de processamento, envolvendo o córtex pré-frontal dorsolateral, a compreensão de cores se esvai. Para melhor entendermos isso, tomemos como exemplo o caso clínico de L.E.W, um paciente que sofreu um acidente vascular encefálico no hemisfério esquerdo (ROBERSON; DAVIDOFF; BRAISBY, 1999). A lesão ocorreu em todo o hemisfério esquerdo, danificando regiões cerebrais que posteriormente foram descobertas responsáveis pela categorização (córtex pré-frontal dorsolateral). Por conta disso, L.E.W. não conseguia compreender cores, apesar de ter a capacidade de enxergá-las, agrupando categorias de forma aleatória em tarefas de semelhança entre tonalidades (DAVIDOFF, 2001). Outro experimento consistia em apontar para as cores e nomeá-las,

L.E.W. nomeou as cores corretamente 3/10, 2/10 e 0/10; Por vezes os erros de nomeação foram grotescos (e.g. azul para vermelho, vermelho para amarelo) e em outros momentos LEW era incapaz de gerar qualquer palavra, entretanto sempre declarava que sabia a palavra. Já erros ao apontamento de cores foram menos grotescos (e.g. apontou rosa no lugar de vermelho, azul ou marrom no lugar de verde, e branco no lugar de amarelo) (ROBERSON; DAVIDOFF; BRAISBY, 1999, p. 6, tradução nossa).¹⁹

A partir dos exemplos acima, podemos inferir que para haver percepção de cores, é necessária uma integração de várias áreas cerebrais em diferentes estágios e níveis de processamento. Isto é, para a percepção ($posterior\ probability = likelihood \cdot prior\ probability$) operar à fim de otimizar o modelo generativo (predizendo melhor os *inputs* sensoriais e diminuindo o erro de predição), é necessário ambas as conexões neurais de níveis hierárquicos superiores (córtex pré-frontal dorsolateral) e de níveis inferiores (córtex visual).

¹⁷ Da mesma forma que uma pessoa sem o sentido da audição, ocasionado por um problema no tímpano, não tem processamento auditivo, embora seu cérebro tenha capacidade de “ouvir”. Seu problema está no acesso à informação sensória, isto é, o cérebro não recebe os *inputs* do mundo para processá-los.

¹⁸ “[...]the name given to the condition caused by lesions in ventral occipital cortex that cause a loss of the ability to recognize colors without the loss of perception of form and motion” (SHAPLEY; HAWKEN, 2011, p. 704).

¹⁹ L.E.W. correctly named 3/10, 2/10 and 0/10 colours; [...] Errors of naming were sometimes gross (e.g., blue called red, red called yellow) and on occasions L.E.W. was unable to generate any name, however he always declared that he knows the name. Errors of pointing were perhaps less gross (e.g., pointed to pink or orange for red, to blue or brown for green and to white for yellow) (ROBERSON; DAVIDOFF; BRAISBY, 1999, p. 6).

A percepção é a inferência que melhor explica a evidência (*input* sensorial), dado que é um movimento inferencial abdutivo (partindo do efeito à causa), que ocorre, de forma preditiva em que a expectativa (do modelo generativo) pode moldar a forma que percebemos o mundo (*top-down*). Caso haja um problema ocorrendo em um nível superior podemos inferir que a percepção é falha, já que não há compreensão do estímulo. Ou seja, não há erro de predição se não há predição entre os níveis hierárquicos. A forma que o cérebro prediz a realidade não ocorre de forma linear, isto é, não é um grau de predição. A predição ocorre entre níveis hierárquicos de processamento, tendo uma “expectativa”, do nível superior, em relação à resposta que o nível inferior dará. Como o organismo busca minimizar o erro de predição para otimizar a percepção, um nível hierárquico depende do outro para que a percepção opere de forma eficiente. Portanto, o que o caso de L.E.W. nos mostra é que a percepção não pode ocorrer, de maneira eficiente, sem a compreensão, sendo necessário entender cores para percebê-las de forma adequada. Assim, podemos inferir que L.E.W. apenas vê o mundo com cores, porém não consegue distinguir uma cor da outra por conta dos níveis hierárquicos superiores não gerarem expectativa, não gerarem predições, quanto aos inferiores.

Considerações finais

Perceber cores é uma minimização do erro de predição, já que buscamos regularidades nas irregularidades. *Perceptual priors* influenciam nossa percepção de cores (OTTEN; SETH; PINTO, 2017), o que nos levaria a afirmação que a forma que categorizamos cores influenciam nossa percepção categórica delas (REGIER; KAY, 2009), já que níveis hierárquicos superiores moldam níveis hierárquicos inferiores?

Na primeira seção vimos que nossa percepção de cores ocorre de forma categórica, e defendemos que essas categorias são arbitrárias à língua do falante. Falantes de himba e de berinmo agrupam na mesma categoria de cor tons de rosa os tons de verde, marrom, laranja e amarelo, nomeando essa categoria de *dumbu* (himba) e *wor* (berinmo). Também agrupam tons de verde, azul e roxo em outra categoria de cor, nomeando de *burou* (himba) e *nol* (berinmo). Segundo experimentos realizados por Roberson et al (2004), falantes de himba e berinmo eram incapazes de encontrar os limites entre as categorias azul e verde, da mesma forma que falantes de inglês foram incapazes de encontrar os limites entre *dumbu/burou* e

wor/nol. Na seção anterior (*A categorização de cores não está no córtex visual*) vimos que a categorização de cores está em um nível de processamento conceitual (BIRD; BERENS; HORNER; FRANKLIN, 2013), ou seja, um nível hierárquico elevado. Na seção 2.5 vimos que níveis elevados de processamento influenciam níveis inferiores (OTTEN; SETH; PINTO, 2016), gerando previsões a fim de minimizar o erro de previsão. Isso nos levaria a inferir que categorias de cores influenciam a forma que percebemos as cores?

A percepção de cores é uma supressão do erro de previsão, isso quer dizer que para percebermos as cores, temos de minimizar o erro de previsão, minimizar a diferença entre as previsões do modelo generativo e os *inputs* sensoriais vindos de níveis inferiores. Como essa previsão ocorre de forma *top-down*, não seria o caso de menos categorias, como na língua himba e berinmo ou mais categorias, como no russo e no grego, moldarem nossa percepção? Não há dúvida de que o *input* sensorial que enxergamos é o mesmo, isto é, o mundo é o mesmo. A forma que um organismo processa dado *input* sensorial seria a mesma se tivesse os mesmos conceitos sobre a realidade. Embora saibamos que há uma diferença da percepção (categórica), ainda não temos conhecimento o suficiente para afirmar qualitativamente o quanto a percepção é influenciada.

De maneira geral, podemos afirmar que percebemos as cores de maneira categórica (DAVIDOFF, 2001), isto é, determinamos limites entre o *continuum* do espectro de frequências visíveis. Isso ocorre pois nomeamos esse espectro visível. Essa nomeação só ocorre por conta da língua que falamos. Vimos que diferentes línguas nomeiam de forma distinta o espectro de frequências visíveis, ocasionando uma percepção categórica diferente dos falantes de outras línguas cuja categorização não ocorre da mesma forma (por exemplo, falantes de berinmo frente a falantes de inglês). Dessa forma, nossa percepção é influenciada pela língua que falamos.

Como a categorização de cores ocorre em um nível de processamento elevado (córtex pré-frontal dorsolateral) (BIRD; BERENS; HORNER; FRANKLIN, 2013), e níveis superiores influenciam os inferiores, nossa percepção categórica é moldada de acordo com a língua que falamos. Isso explica por que não conseguimos encontrar os limites entre as cores básicas de outras línguas que nomeiam-nas diferente de nós. Podemos inferir isso da mesma forma, levando em conta o caso de L.E.W, que por conta de um dano em uma área de processamento elevado, não conseguia nomear ou encontrar os limites entre as cores. Mesmo tendo condições de ver as cores, não era capaz de distingui-las, pois como vimos, a distinção de cores não está no córtex visual, estágio de processamento inferior ao córtex pré-frontal dorsolateral. Assim, levando em conta a intersecção entre a análise física e cultural,

frente aos experimentos linguísticos e neurocientíficos, podemos concluir que a forma que percebemos as cores é categórica e a forma que nossa língua categoriza as cores influencia a percepção categórica de cores, dando validade para a tese do relativismo linguístico.

Referências

- BARTELS, Adreas; ZEKI, Semir. “The Architecture of the Colour Centre in the Human Visual Brain.” *European Journal of Neuroscience* 12, n° 1 (janeiro de 2000): 172–93. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2000.00905.x>.
- BALCETIS, Emily; DUNNING, David. “See what you want to see: motivational influences on visual perception.” *Journal of personality and social psychology*, v. 91, n. 4, p. 612, 2006.
- BERLIN, Brent; KAY, Paul. “*Basic Color Terms: Their Universality and Evolution*.” Berkeley: UC Press, 1969.
- BIRD, Chris M.; BERENS, Samuel; HORNER, Aidan; FRANKLIN, Anna. “Categorical Encoding of Color in the Brain.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, n° 12 (25 de março de 2014): 4590–95. <https://doi.org/10.1073/pnas.1315275111>.
- BRAZIS, Paul W. Visual Pathways; Anatomy and Field Defects. In: *Encyclopedia of the Neurological Sciences*, v. 4, p. 707-713, 2014.
- CLARK, Andy. *Surfing Uncertainty: “Prediction, Action, and the Embodied Mind.”* 1. Ed. New York: Oxford University Press, 2015.
- DAVIDOFF, Jules. “Language and Perceptual Categorisation.” *Trends in Cognitive Sciences* 5, n° 9 (setembro de 2001): 382–87. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01726-5](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01726-5).
- ODOR, Jerry A. *The modularity of mind*. MIT press, 1983.
- FRISTON, Karl. “The Free-Energy Principle: A Unified Brain Theory?” *Nature Reviews Neuroscience* 11, n° 2 (fevereiro de 2010): 127–38. <https://doi.org/10.1038/nrn2787>.
- GILBERT, Aubrey L. et al. Support for lateralization of the Whorf effect beyond the realm of color discrimination. *Brain and language*, v. 105, n. 2, p. 91-98, 2008. DOI: [10.1016/j.bandl.2007.06.001](https://doi.org/10.1016/j.bandl.2007.06.001)
- GEGENFURTNER, Karl R. “Cortical Mechanisms of Colour Vision.” *Nature Reviews Neuroscience* 4, n° 7 (julho de 2003): 563–72. <https://doi.org/10.1038/nrn1138>.
- GOURAS, Peter. *Color Vision*. Disponível em: <https://webvision.med.utah.edu/book/part-vii-color-vision/color-vision/>. Acesso em: 05/04/2019.

HADJIKHANI, Nouchine, Arthur K. Liu, Anders M. Dale, Patrick Cavanagh, e Roger B.H. Tootell. “Retinotopy and Color Sensitivity in Human Visual Cortical Area V8.” *Nature Neuroscience* 1, n° 3 (julho de 1998): 235–41. <https://doi.org/10.1038/681>.

HELMHOLTZ, Hermann. *Treatise on Physiological Optics, vol. III*. Tradução de C. Ladd-Franklin. New York: Dover, 2013.

HOHWY, Jakob. “The Hypothesis Testing Brain: Some Philosophical Applications.” In *Proceedings of the 9th Conference of the Australasian Society for Cognitive Science*, 135–44.

HOHWY, Jakob. *The predictive mind*. New York: Oxford University Press, 2013.

HUFF, Trevor; TADI, Prasanna. “*Neuroanatomy, Visual Cortex*”. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482504/>>. Acesso em: 17 de março de 2019.

HUME, David. *Investigação acerca do entendimento humano*. Acrópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/hume.pdf>>. Acesso em: 28 de novembro de 2018.

KOLB, Helga. “How Retina Works.” *American Scientist* 91 (Janeiro de 2003): 28-35

LENNIE, Peter. “The Physiology of Color Vision.” In: KSIAZEK, Susan. “*The Science of Color*.” Amsterdam: Elsevier, 2003. p. 217-246.

LEVIN, Daniel T.; BANAJI, Mahzarin. “Distortions in the Perceived Lightness of Faces: The Role of Race Categories.” *Journal of Experimental Psychology: General* 135, n° 4 (2006): 501–12. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.135.4.501>.

LUCY, John A. “Sapir-Whorf Hypothesis.” In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 903–6. Elsevier, 2015. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.52017-0>.

MAIER, Martin; RAHMAN, Rasha A. “Native Language Promotes Access to Visual Consciousness.” *Psychological Science* 29, n° 11 (novembro de 2018): 1757–72. <https://doi.org/10.1177/0956797618782181>.

MARX, Svenja; EINHAUSER, Wolfgang. Reward directly modulates perception in binocular rivalry. *Journal of Vision*, v. 14, n. 10, p. 502-502, 2014.

NAGEL, Thomas. "What Is It Like to Be a Bat?". *The Philosophical Review* 83, n° 4 (1974): 435–450. [doi:10.2307/2183914](https://doi.org/10.2307/2183914).

NISHIDA, Silvia. “Sentido da Visão”. In: “*Apostila do Curso de Fisiologia*”. Botucatu: UNESP, 2012. p. 85-100.

OTTEN, Marte, SETH, Anil K.; PINTO, Yair. “A Social Bayesian Brain: How Social Knowledge Can Shape Visual Perception.” *Brain and Cognition* 112 (março de 2017): 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.05.002>.

PYLYSHYN, Zenon. Is vision continuous with cognition?: The case for cognitive impenetrability of visual perception. *Behavioral and brain sciences*, v. 22, n. 3, p. 341-365, 1999.

REGIER, Terry; KAY, Paul. "Language, Thought, and Color: Whorf Was Half Right." *Trends in Cognitive Sciences* 13, n° 10 (outubro de 2009): 439–46.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.07.001>.

RIZZO, J. F. Embryology, anatomy, and physiology of the afferent visual pathway. *Clinical Neuro-Ophthalmology*, p. 3-82, 2005.

ROBERSON, Debi; DAVIDOFF, Jules; DAVIES, Ian R.L.; SHAPIRO, Laura R. "Color Categories: Evidence for the Cultural Relativity Hypothesis." *Cognitive Psychology* 50, n° 4 (junho de 2005): 378–411. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2004.10.001>.

ROBERSON, Debi; DAVIDOFF, Jules; BRAISBY, Nick. "Similarity and Categorisation: Neuropsychological Evidence for a Dissociation in Explicit Categorisation Tasks." *Cognition* 71, n° 1 (maio de 1999): 1–42. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00013-X).

SHAPLEY, Robert; HAWKEN, Michael J. "Color in the Cortex: Single- and Double-Opponent Cells." *Vision Research* 51, n° 7 (abril de 2011): 701–17.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.02.012>.

SUMMERFIELD, Christopher et al. Neural repetition suppression reflects fulfilled perceptual expectations. *Nature neuroscience*, v. 11, n. 9, p. 1004-1006, 2008.

THIERRY, Guillaume et al. Unconscious effects of language-specific terminology on preattentive color perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, n. 11, p. 4567-4570, 2009.

WANDELL, B.A.; DUMOULIN, S.O.; BREWER, A.A. "Visual Cortex in Humans". In *Encyclopedia of Neuroscience*. Elsevier, 2009: 251-57. <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00241-2>.

WITZEL, Christoph; GEGENFURTNER, Karl R. "Are Red, Yellow, Green, and Blue Perceptual Categories?" *Vision Research* 151 (outubro de 2018): 152–63.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2018.04.002>.

VANDENBROUCKE, Annelinde RE et al. Prior knowledge about objects determines neural color representation in human visual cortex. *Cerebral cortex*, v. 26, n. 4, p. 1401-1408, 2016

RECEBIDO: 07/02/2022

RECEIVED: 07/02/2022

APROVADO: 28/06/2022

APPROVED: 28/06/2022