

A Confirmação Irrefutável do Aquecimento Global

SCIENTIFIC AMERICAN Brasil

**CAMPOS
ELÉTRICOS,**
a Estratégia de
Caça dos Tubarões

Setembro 2007 www.sciam.com.br



Movimentos minúsculos protegem a
visão, revelam pensamentos e abrem as

JANELAS DA MENTE

**Agricultura
do Futuro**

e um Retorno às Raízes

**Incêndios
Florestais**

Previsão e Controle

**Medicina
Étnica**

A Ciência Duvidosa dos
Medicamentos Especializados

ANO 6 nº 64
R\$ 10,90
Portugal € 4,90

ISSN 1676-9791



Antes desdenhados como tique nervoso, alguns movimentos mínimos e involuntários dos olhos são a base de grande parte de nossa capacidade de enxergar. Esses movimentos podem revelar até mesmo uma ação inconsciente

Por Susana Martinez-Conde e
Stephen L. Macknik

Janelas da mente

CONCEITOS-CHAVE

- Quando os olhos estão fixos em algo, eles ainda deslocam-se imperceptivelmente, de um modo que é essencial para a visão.
- Durante décadas, cientistas debateram o propósito, se é que existia um, desses chamados movimentos de fixação ocular, sendo os movimentos microscacádicos os maiores deles. Agora, os pesquisadores demonstraram que estes movimentos possibilitam a visão quando o olhar de uma pessoa está fixo, e que microscacádicos mais rápidos e maiores funcionam melhor.
- Pode ser que os movimentos microscacádicos revelem também uma ação inconsciente. Pesquisas recentes sugerem que a direção dos movimentos microscacádicos é enviesada em direção a objetos que despertam o interesse de uma pessoa, independentemente de para onde ela esteja olhando.

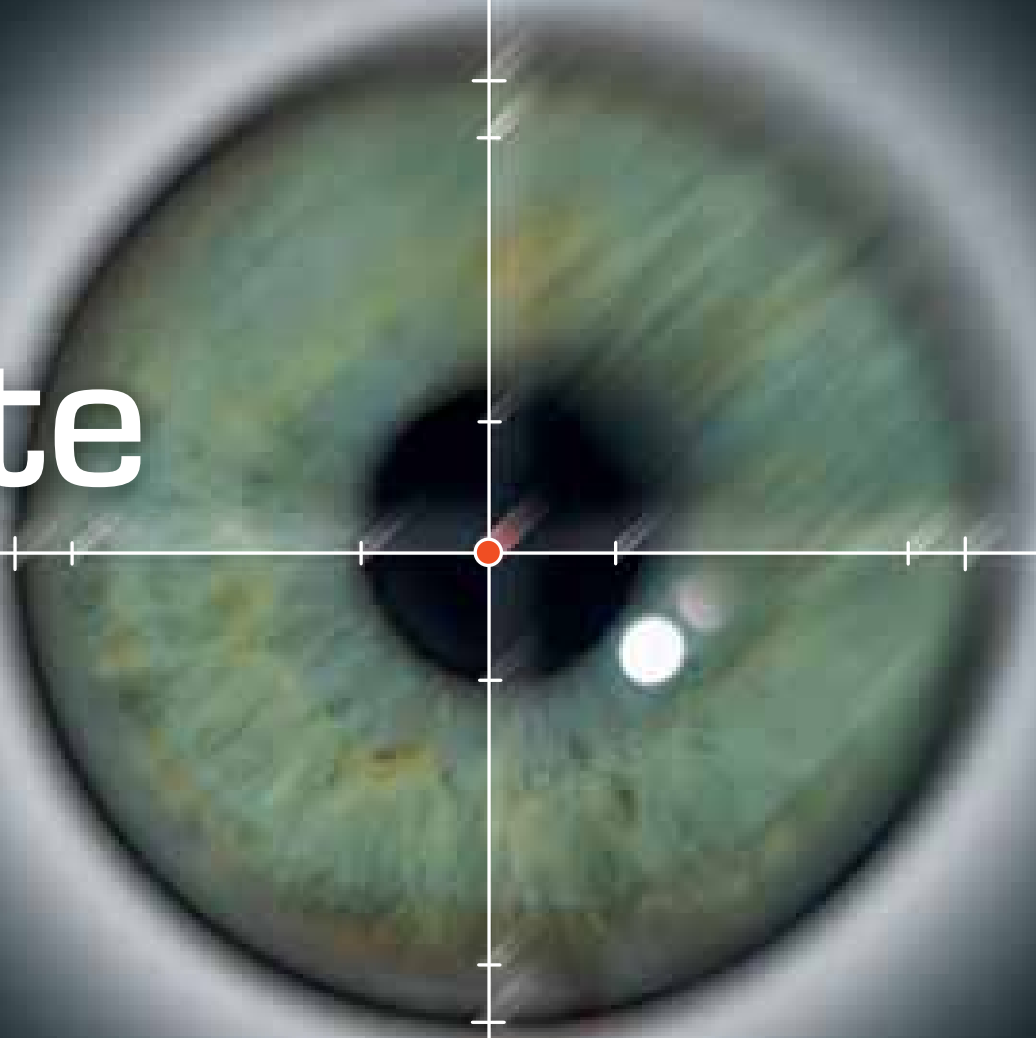
– Os editores

Enquanto você lê este parágrafo, seus olhos estão se movendo rapidamente da esquerda para a direita em pequenos saltos, dando foco para cada palavra em seqüência. De modo semelhante, quando se olha para o rosto de uma pessoa, os olhos saltam daqui para ali, se atendo momentaneamente a um olho, ao outro, ao nariz, à boca e a outros traços. Com um pouco de atenção você pode perceber a flexão freqüente dos músculos oculares quando está analisando uma página, um rosto ou uma cena.

Contudo, esses movimentos oculares voluntários amplos, chamados movimentos sacádicos, são apenas uma pequena parte da ginástica diária praticada pelos músculos oculares. Os olhos nunca param de se mover, mesmo quando estão aparentemente fixos sobre, por exemplo, um barco surgindo no horizonte. Quando eles se fixam em alguma coisa, como fazem durante 80% do tempo que passamos acordados, ainda deslocam-se imperceptivelmente, de modo essencial para a visão. Se fosse possível parar esses movimentos durante a fixação do olhar, a cena estática simplesmente desapareceria de vista.

Foi apenas recentemente que os pesquisadores começaram a perceber a profunda importância desses movimentos para a “fixação” ocular. Durante cinco décadas debateu-se a respeito da eventual fun-

ente



Minúsculos movimentos oculares inconscientes estão ajudando os neurocientistas a decifrar o código cerebral das percepções visuais conscientes

ção do mais amplo desses movimentos involuntários, chamados microssacádicos. Para alguns cientistas, eles poderiam até prejudicar a visão, fazendo enxergar borrado. Mas trabalhos recentes de um de nós (Martinez-Conde), no Barrow Neurological Institute em Phoenix, reforçam a idéia de que quando olhamos para um mundo estacionário, estes movimentos distinguem a cegueira da visão.

Eles também ajudam a decifrar o código que o cérebro usa para criar percepções conscientes do mundo visual. Nos últimos anos, outros autores e nós detectamos padrões de atividade neuronal correlacionados a esses movimentos, que definem a maior parte do que as pessoas percebem. Além disso, os movimentos microssacádicos podem ser uma janela da mente. Longe de serem aleatórios, esses deslocamentos oculares podem indicar em que objeto se encontra o foco da mente, em segredo – mesmo se o olhar está direcionado para outro lugar –, revelando, assim, pensamentos e desejos ocultos.

Cansados da Mesmice

O fato de os olhos se movimentarem constantemente já é conhecido há séculos. Em 1860, o médi-

co e físico alemão Hermann von Helmholtz observou que manter os olhos parados era uma tarefa difícil e sugeriu que o “olhar divagante” impedia que a retina se cansasse.

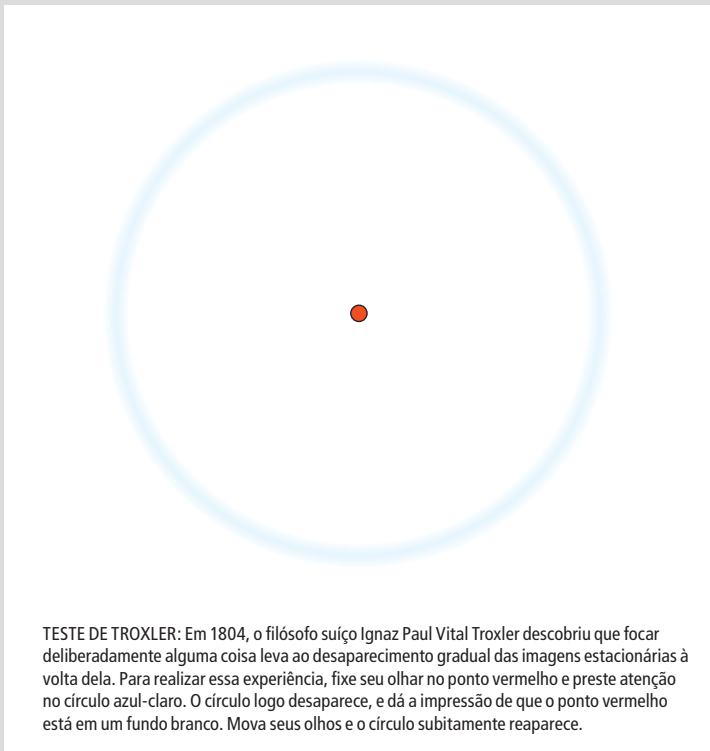
De fato, o sistema nervoso dos animais evoluiu para detectar mudanças no ambiente, o que favorece a sobrevivência. Um movimento no campo visual pode indicar que um predador se aproxima ou que uma presa está escapando. Tais mudanças fazem com que os neurônios visuais respondam com impulsos eletroquímicos. Objetos estáticos normalmente não constituem ameaça, de modo que o cérebro animal e o sistema visual não evoluíram para notá-los. A rã é um caso extremo. Uma mosca parada sobre uma parede é invisível para a rã. Mas, uma vez que a mosca alça vôo, a rã a detecta imediatamente e a captura com a língua.

As rãs não enxergam objetos imóveis porque, como na hipótese de Helmholtz, um estímulo não-cambiante leva à adaptação neural, na qual os neurônios visuais ajustam seus disparos de modo que gradualmente param de responder. A adaptação neural economiza energia, mas também limita a percepção sensorial. Neurônios humanos também se adaptam à mesmice. Ainda as-

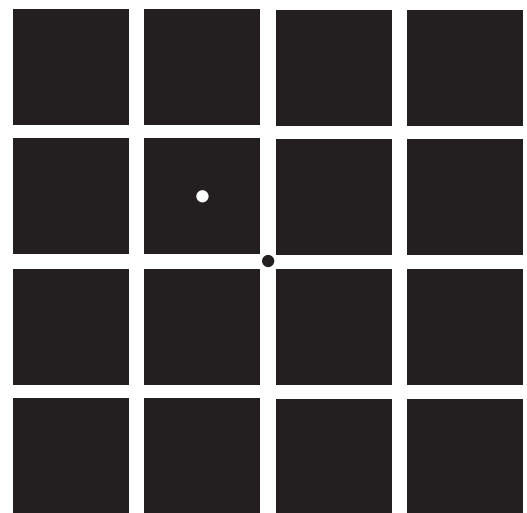
FONTE: IGNAZ PAUL VITAL TROXLER (esquerda); “A SIMPLE AFTER IMAGE METHOD DEMONSTRATING THE INVOLUNTARY MOVEMENTS OF THE EYES DURING FIXATION OF OBJECTS.” J. VERHEIJEN, EM JOURNAL OF MODERN OPTICS, VOL. 8, Nº 4, PÁGS. 309-312, OUTUBRO DE 1961. © TAYLOR AND FRANCIS LTD. (direita)

MOVIMENTOS OCULARES EM MINIATURA SÃO REVELADOS

Com estas três ilusões, vários efeitos visuais dos movimentos de fixação ocular, que tipicamente ocorrem aquém da percepção consciente, podem ser observados.



TESTE DE TROXLER: Em 1804, o filósofo suíço Ignaz Paul Vital Troxler descobriu que focar deliberadamente alguma coisa leva ao desaparecimento gradual das imagens estacionárias à volta dela. Para realizar essa experiência, fixe seu olhar no ponto vermelho e preste atenção no círculo azul-claro. O círculo logo desaparece, e dá a impressão de que o ponto vermelho está em um fundo branco. Mova seus olhos e o círculo subitamente reaparece.



VENDO OS OLHOS SE MOVER: Esta é uma maneira de “ver” os movimentos de fixação ocular. Olhe para o ponto preto central por cerca de um minuto, e então olhe para o ponto branco no quadrado preto adjacente. Note que a pós-imagem escura da grade branca está em movimento constante. Esse é um resultado dos movimentos de fixação ocular.

sim, o sistema visual humano é muito melhor do que o da rã para detectar objetos imóveis, porque os olhos humanos criam seu próprio movimento. Os movimentos de fixação ocular deslocam toda a cena visual em relação à retina, estimulando a ação dos neurônios visuais e se contrapondo à adaptação neural. Portanto, eles evitam que objetos estacionários desapareçam.

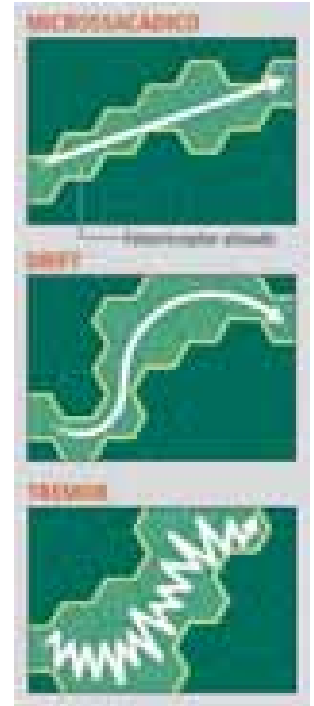
Em 1804, o filósofo suíço Ignaz Paul Vital Troxler relatou o primeiro fenômeno de desaparecimento relacionado a uma diminuição do movimento de fixação ocular em humanos. Troxler notou que focar deliberadamente alguma coisa leva ao desaparecimento gradual das imagens estacionárias em volta dela (*ver ilustração à esquerda na pág. ao lado*). Esse desaparecimento acontece todos os dias, porque focar deliberadamente algo pode momentaneamente tornar os movimentos de fixação ocular mais lentos ou reduzidos, e eles também são menos efetivos fora da área de foco. Assim, mesmo uma pequena redução na taxa e na amplitude dos movimentos oculares reduz a visão. O prejuízo não é notado porque não prestamos atenção a porções invisíveis do campo de visão, mas focamos apenas no que está imediatamente à nossa frente.

Eliminar totalmente os movimentos oculares é algo que só pode ser feito em laboratório. No início da década de 50, grupos de pesquisa conseguiram produzir esse efeito colocando um pequeno projetor de slides sobre uma lente de contato e fixando essa lente ao olho da pessoa por meio de um dispositivo de sucção. Com essa montagem, o indivíduo enxerga a imagem projetada pela lente, e essa imagem, por sua vez, se move com os olhos. Utilizando essa técnica de estabilização da retina, a imagem fica imóvel em relação ao olho, levando à adaptação dos neurônios visuais, ou seja, ao desaparecimento da imagem. Hoje em dia, pesquisadores chegam ao mesmo resultado ao medir os movimentos oculares com câmeras. Essas câmeras apontadas para o olho registram sua posição exata para um sistema de projeção que move a imagem para a mesma posição e promove, assim, o mesmo efeito de imobilidade.

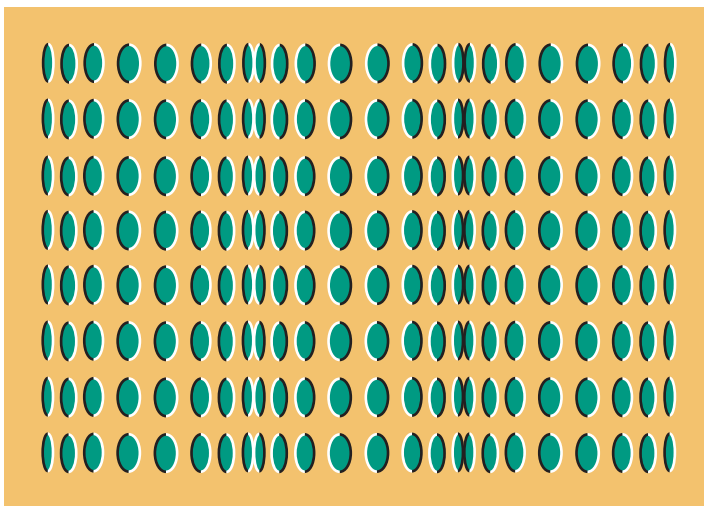
No final da década de 50, pesquisadores conseguiram identificar o papel dos movimentos microsacádicos: após suprimir todos os movimentos oculares em laboratório, inclusive os movimentos sacádicos voluntários de maior amplitude, simularam movimentos similares aos microsacádicos e descobriram que isso restaurava a percepção. No

ALVOS EM MOVIMENTO

Os movimentos de fixação ocular – movimentos microsacádicos (*linhas retas*), drifts (*linhas sinuosas*) e tremores (*zigzagues superpostos aos drifts*) – transportam a imagem visual sobre o mosaico de fotorreceptores na retina.



JEN CHRISTIANSEN (diagramas à direita); FONTE: AKIYOSHI KITAHOKA, © 2004 (abaixo)

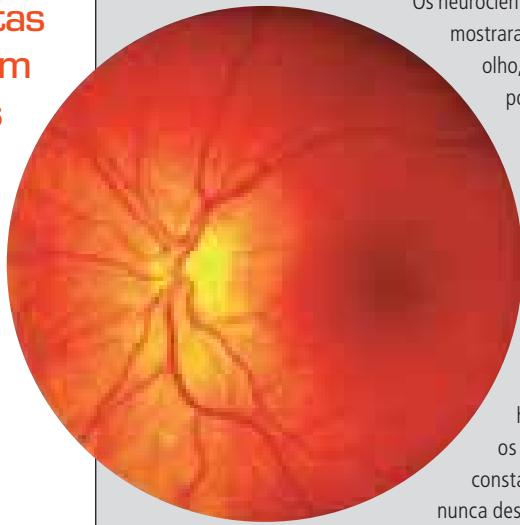


MOVIMENTO ILUSÓRIO: Deixe seus olhos divagar pelo padrão acima, e os três cilindros parecerão girar. Mas se você atém seu olhar a um dos pontos verdes no centro da imagem, o movimento ilusório ficará mais lento ou mesmo acabará. Devido ao fato de que parar os olhos pára o movimento ilusório, os autores especulam que os movimentos de fixação ocular devem ser necessários para enxergá-lo, embora eles ainda não saibam exatamente como.

Os movimentos microssacádicos geram respostas neuronais em todas as partes do sistema visual que examinamos

[FAÇA VOCÊ MESMO]

VASOS QUE DESAPARECEM



Os neurocientistas David Coppola e Dale Purves, da Duke University, mostraram que os vasos sanguíneos da retina, estacionários em relação ao olho, podem desaparecer da visão em meros 80 milissegundos. Você pode ver isso por si mesmo. Feche os olhos enquanto segura uma pequena lanterna (não muito forte!) ao lado de um dos olhos. Se movimentar rapidamente a lanterna, você poderá captar uma breve imagem de seus vasos sanguíneos retiniais com sua visão periférica. Mas note como eles desaparecem rápido!

A adaptação neural ocorre em todos os sentidos, incluindo o tato. Por exemplo, você sente seus sapatos quando os calça pela primeira vez de manhã, mas a sensação some após algum tempo. Afinal de contas, é provável que você não queira estar ciente da presença de seus sapatos 16 horas por dia. Se mexer os dedos, no entanto, você volta a sentir os sapatos. De modo semelhante, os movimentos de fixação ocular constantemente “mexem” as imagens da retina para que a visão nunca desapareça.

—S. M.-C. e S. L. M.

entanto, outros grupos de pesquisa que tentaram recuperar os movimentos microssacádicos após abolir os movimentos oculares não obtiveram o mesmo resultado. Na época, era difícil discernir qual resultado correspondia à verdade, já que nenhuma das técnicas de estabilização da retina era perfeita. Por exemplo, uma lente de contato presa ao olho pode escorregar, deixando alguns movimentos oculares residuais.

Tiques Nervosos?

Na mesma época foram indentificados dois outros tipos de movimento ocular: o drift e o tremor. Drifts são movimentos lentos e sinuosos que ocorrem entre os rápidos e lineares movimentos microssacádicos. O tremor é uma oscilação rápida e mínima que se superpõe aos drifts. Os microssacádicos são os movimentos de fixação ocular mais amplos e movem a imagem por dezenas ou até centenas de células fotorreceptoras (detectoras de luz), incluindo os cones para a visão detalhada e em cores e os bastonetes para a visão periférica e com pouca luz. O tremor é o menor dos movimentos oculares de fixação: seu deslocamento não é maior que nenhuma dessas células. Ainda não entendemos exatamente o papel relativo para a visão de cada um dos vários movimentos de fixação ocular.

Durante décadas muitos cientistas duvidaram de que algum desses movimentos de fixação ocular — especialmente os microssacádicos, que eram os mais estudados — exercesse um papel na manutenção da visão. Os críticos salientavam que certos indivíduos conseguiam suprimir os movimentos

microssacádicos por alguns segundos sem que sua visão central sumisse. (Isso pode ser visto no teste de Troxler: quando se suprimem brevemente os movimentos microssacádicos, o anel desaparece, mas o ponto vermelho no centro da visão ainda pode ser visto.) As pessoas conseguem suspender voluntariamente seus movimentos microssacádicos enquanto executam tarefas de precisão, como passar linha na agulha. Em 1980, os psicólogos Eileen Kowler e Robert Steinman, da University of Maryland, concluíram que os movimentos microssacádicos eram inúteis, supondo que fossem “meramente uma espécie de tique nervoso”.

O campo de pesquisa se estagnou nesse ponto até o final da década de 90, quando pesquisadores começaram a investigar as respostas neuronais que os movimentos de fixação ocular geravam no cérebro, se é que elas ocorriam. A partir de 1997, juntamente com o Prêmio Nobel David Hubel, da Harvard Medical School, treinamos macacos para focar um pequeno ponto apresentado em uma tela de computador, que também mostrava uma barra de luz estacionária. Enquanto os macacos olhavam, registramos a atividade elétrica de neurônios do núcleo geniculado lateral (LGN, na sigla em inglês), localizado no tálamo, e do córtex visual, na parte posterior do cérebro (*ver quadro na pág. ao lado*). Em cada experimento, a barra foi colocada na localização que eliciava a maior resposta elétrica — na forma de impulsos chamados potenciais de ação — dos neurônios registrados.

Os resultados desses experimentos, publicados em 2000 e 2002, mostraram que os movimentos microssacádicos aumentaram a taxa de disparos

[OS AUTORES]



Susana Martinez-Conde é diretora do Laboratório de Neurociência Visual do Barrow Neurological Institute em Phoenix. Ela tem doutorado em medicina e cirurgia pela Universidade de Santiago de Compostela, Espanha. **Stephen L. Macknik** é diretor do Laboratório de Neurofisiologia Comportamental do Barrow Neurological Institute em Phoenix. Ele obteve seu doutorado em neurobiologia pela Harvard University

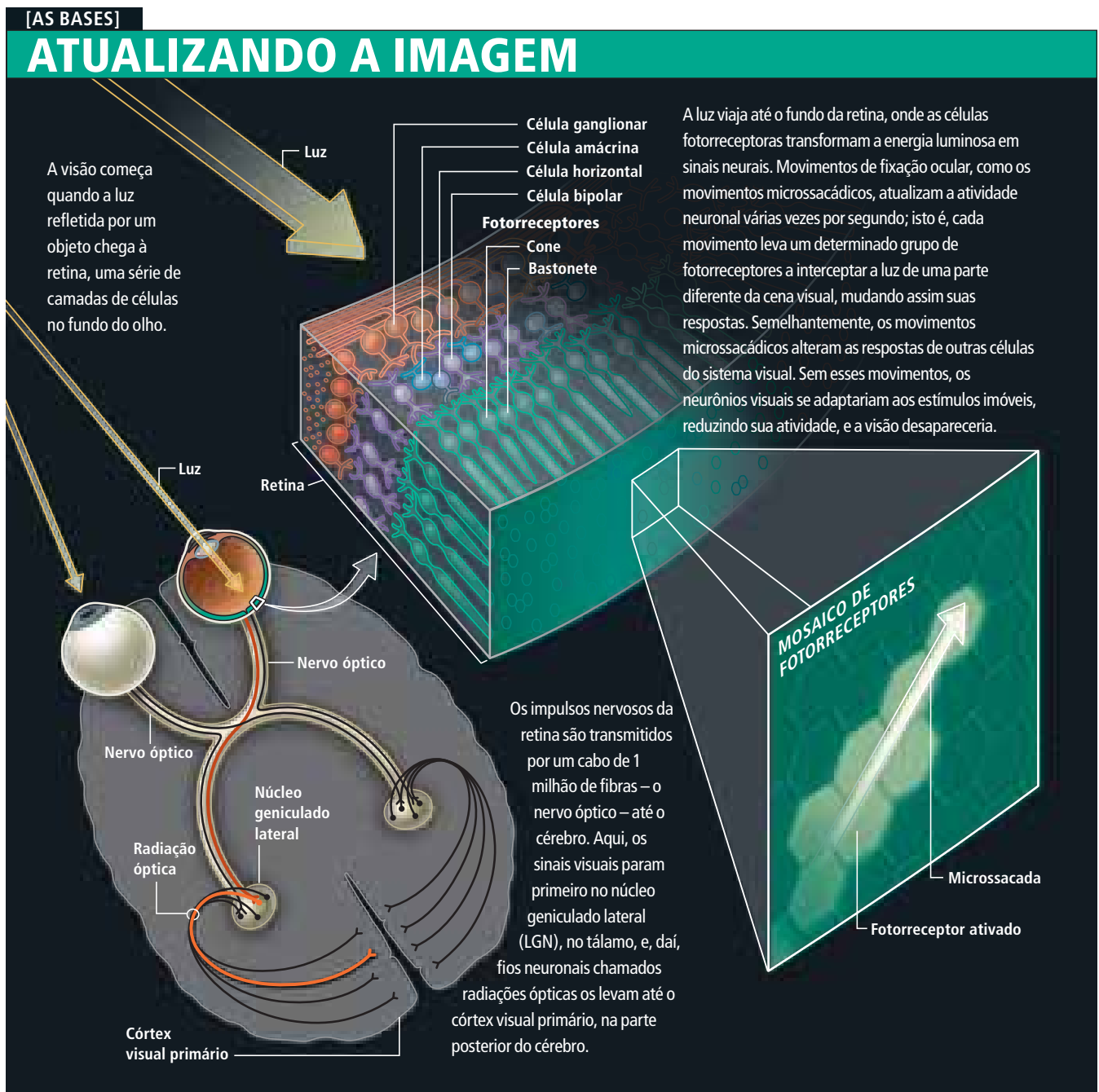
STEVE ALLEN Brand X/Corbis (acima); JEFF NOBLE (Martinez-Conde e Macknik)

neurônios gerados tanto no LGN quanto no córtex, por conduzirem estímulos estacionários, tais como as barras de luz, para dentro e para fora do campo receptor do neurônio, a região do espaço que o ativa. Essa descoberta reforçou a idéia de que os movimentos microssacádicos têm o papel de impedir que a visão se desvaneca e de manter a imagem visível. Com essa premissa, nossos estudos neuronais sobre eles começaram a decifrar o código do sistema visual. Em nossos experimentos com macacos, descobrimos que os movimentos microssacádicos estavam mais associados a se-

quências rápidas de disparos do que a disparos únicos de neurônios cerebrais, sugerindo que essas seqüências de disparos são um sinal, no cérebro, de que algo está visível.

Acabando com a Polêmica

Outros pesquisadores também descobriram que os movimentos microssacádicos geram respostas neuronais em todos os componentes examinados do sistema visual. Contudo, a pesquisa na área ainda estava surpresa com os resultados conflitantes dos experimentos de estabilização da retina, que lança-



Você pode desviar os olhos da última fatia de bolo ou do homem ou da mulher atraente do outro lado da sala, mas a taxa e a direção de seus movimentos microssacádicos traem seu foco real

vam dúvidas constantes sobre a importância dos movimentos microssacádicos para a visão. Então, alguns anos atrás, no Barrow Neurological Institute, começamos a medir diretamente a relação entre movimentos microssacádicos e visibilidade utilizando uma técnica completamente diferente. Nos nossos experimentos, usamos uma versão da tarefa de desaparecimento de Troxler com nossos voluntários. Eles tinham de fixar o olhar em um pequeno ponto enquanto apertavam ou soltavam um botão para indicar se estavam vendo ou não um alvo periférico. O alvo desaparecia e reaparecia à medida que o sujeito naturalmente o fixava mais – ou menos –, em momentos específicos no curso do experimento. Durante a tarefa, registramos e medimos os movimentos de fixação ocular de cada indivíduo com um sistema de vídeo de alta precisão.

Como havíamos previsto, os movimentos microssacádicos dos voluntários ficavam mais raros, menores e mais lentos imediatamente antes do desaparecimento do alvo, indicando que a falta de microssacádicos – ou microssacádicos menores e mais lentos que o normal – leva à adaptação neuronal e ao desaparecimento da imagem. Também de modo consistente com nossa hipótese, os movimentos microssacádicos se tornavam mais numerosos, com amplitude maior e mais rápidos poucos instantes antes do reaparecimento do alvo. Esses resultados demonstraram pela primeira vez que os movimentos microssacádicos conferem visibilidade quando se tenta fixar o olhar em uma imagem, e que microssacádicos maiores e mais rápidos funcionam melhor para esse fim. E, devido ao fato de os olhos se fixarem – descansando entre os movimentos sacádicos maiores e voluntários – na maior parte do tempo, os movimentos microssacádicos são críticos para a percepção visual.

Esse trabalho pode também ter implicações terapêuticas e trará novos conhecimentos relacionados às doenças e às condições que prejudicam tais movimentos. Por exemplo, a falta de movimentos de fixação ocular pode decorrer de uma paralisia dos nervos oculomotores, que controlam a maioria dos movimentos oculares. Movimentos de fixação ocular anormais são também comuns na ambliopia, ou “olho preguiçoso”, perda da visão detalhada sem nenhuma patologia detectável e principal causa de perda da visão em pessoas de 20 a 70 anos de idade. Na ambliopia grave, movimentos excessivos do tipo drift e muito poucos movimentos microssacádicos podem levar ao desaparecimento de objetos e até mesmo de grandes porções do campo visual durante a fixação.

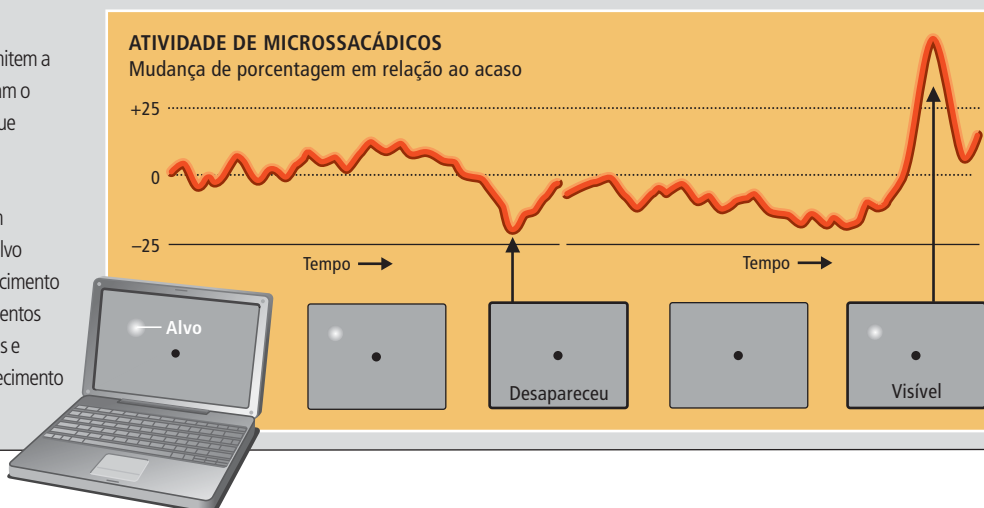
Na visão normal, o sistema oculomotor deve chegar a um equilíbrio delicado entre movimentos de fixação ocular para evitar a visão borrada e instável durante os períodos de fixação. Entender como o sistema de movimentação ocular chega a tal equilíbrio pode um dia permitir que os médicos recalibrem o sistema quando algo desajusta.

Lendo a Mente

Os movimentos microssacádicos podem ter um significado que vai além da visão. Pode ser que ajudem a revelar o que é atraente para uma pessoa. Mesmo quando o olhar está fixado, a atenção pode inconscientemente se deslocar em uma cena visual para objetos que atraíam o interesse, segundo psicólogos. Pesquisas sugerem que os movimentos microssacádicos podem revelar esses objetos atraentes, porque o olhar pode apontar diretamente para eles – e manter a direção, em vez de vagar de forma totalmente aleatória.

ENXERGANDO COM MICROSSACÁDICOS

Os autores demonstraram que os movimentos microssacádicos permitem a visibilidade quando as pessoas fixam o olhar. Eles pediram a voluntários que fixassem um ponto na tela de um computador (*quadros enfileirados*), causando o desaparecimento e em seguida o reaparecimento de um alvo periférico. Logo antes do desaparecimento do alvo, registraram que os movimentos microssacádicos ficavam mais raros e lentos, e que logo antes do reaparecimento ficavam mais frequentes (*gráfico*).





MONITOR DE ATENÇÃO: Cientistas podem rastrear os movimentos microssacádicos para determinar se algo secretamente atrai a atenção de alguém – como uma fatia de bolo – mesmo quando a pessoa está olhando para outro lugar. Mas não se preocupe: pessoas normais não conseguem usar esses movimentos para “ler” sua mente

Os cientistas da visão Ziad M. Hafed e James J. Clark, da McGill University, pediram a voluntários que direcionassem os olhos a um ponto central em uma tela de computador, enquanto prestavam atenção em outro ponto periférico, que mudava de cor no final de cada tentativa. Os voluntários tinham de indicar essa mudança de cor. Em 2002, Hafed e Clark relataram que a direção dos movimentos microssacádicos dos sujeitos era enviesada em direção ao seu real ponto de foco, mesmo que estivessem olhando para outro lugar. Essa descoberta indicou que não apenas os movimentos microssacádicos podem revelar pensamentos das pessoas, mas que fluxos inconscientes de atenção na verdade controlam a direção dos movimentos microssacádicos.

Em outro experimento, o neurocientista computacional Ralf Engbert e o psicólogo cognitivo Reinhold Kliegl, da Universidade de Postdam, na Alemanha, descobriram que a frequência dos movimentos microssacádicos também indica a presença de algo que secretamente atrai a atenção da pessoa: o aparecimento abrupto de um objeto visual na periferia do campo de visão leva primeiro a uma

breve queda na taxa de microssacádicos, seguida por um rápido rebote, no qual a frequência de microssacádicos excede o normal. Além disso, os movimentos microssacádicos detectados estavam enviesados em direção ao novo objeto. O estudo sugere que a frequência e a direção dos movimentos microssacádicos podem sinalizar mudanças ambientais súbitas que atraem a atenção de uma pessoa quando ela não está olhando diretamente.

Portanto, não importa o quanto você tente desviar os olhos da última fatia de bolo sobre a mesa, ou daquele homem ou mulher atraente; a taxa e a direção de seus movimentos microssacádicos traem seu foco de atenção. Mas não se preocupe. No laboratório, cientistas detectam e medem minúsculos movimentos oculares para revelar os mecanismos cerebrais ocultos da atenção, mas as pessoas à sua volta não conseguem utilizá-los para ler a sua mente. Pelo menos ainda não. ■



Para ver o vídeo de um olho humano simulado por computador durante a fixação, acesse www.sciam.com.br

➔ PARA SABER MAIS

Microsaccades as an overt measure of covert attention shifts. Z. H. Hafed e J. J. Clark, em *Vision Research*, vol. 42, págs. 2533-2545, 2002.

Microsaccades uncover the orientation of covert attention. R. Engbert e R. Kliegl, em *Vision Research*, vol. 43, págs. 1035-1045, 2003.

The role of fixational eye movements in visual perception. S. Martinez-Conde, S. L. Macknik e D. H. Hubel, em *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 5, págs. 229-240, 2004.

Fixational eye movements in normal and pathological vision. S. Martinez-Conde, em *Progress in Brain Research*, vol. 154, págs. 151-176, 2006.

Microsaccades counteract visual fading during fixation. S. Martinez-Conde, S. L. Macknik, X. G. Troncoso e T. A. Dyar, em *Neuron*, vol. 49, págs. 297-305, 2006.

Página de ilusões de Akiyoshi Kitaoka: www.ritsumeikai.ac.jp/~akitaoka/index-e.html

Laboratório de Martinez-Conde: www.neuralcorrelate.com/smc_lab