

Pós-graduação em Neurociências e Comportamento

Projetando Realidades:
O entendimento do cérebro humano
no design de experiências do usuário

MATÉRIA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA (FORMATO TEXTO)

FELIPE ARRIAGA CARRIÇO

Orientador: Michele Alberton Andrade

2025

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	2
2. INTRODUÇÃO	4
3. DESENVOLVIMENTO.....	6
3.1. A tensão contemporânea: superficialidade e uso acrítico de ferramentas 6	
3.2. “Ainda somos (quase) os mesmos”: a imutabilidade biológica frente à tecnologia 6	
<i>3.2.1. Sentidos e atenção: gargalos preservados pelo custo metabólico 7</i>	
3.2.1.1. Visão.....	7
3.2.1.2. Audição.....	8
3.2.1.3. Tato e propriocepção	9
3.2.1.4. Olfato e paladar	10
3.2.1.5. Sistema vestibular	11
3.2.1.6. Importância dos sentidos para o design de experiências	12
<i>3.2.2. Memória de trabalho, consolidação e seus “satélites”</i>	<i>13</i>
3.2.2.1. Memória sensorial	14
3.2.2.2. Memória de trabalho	14
3.2.2.3. Memória espacial.....	14
3.2.2.4. Memórias de médio e longo prazo.....	15
3.2.2.5. Importância da memória para o design de experiências	15
<i>3.2.3. Emoção, o sistema operacional mais antigo.....</i>	<i>16</i>
3.2.3.1. Dimensões básicas: valência e excitação.....	17
3.2.3.2. Memória emocional: como eventos ganham força duradoura.....	17
3.2.3.3. Expressões universais e circuitos herdados	18
3.2.3.4. Regulação pré-frontal: equilibrando emoção e razão	18
3.2.3.5. Importância das emoções no design de experiências	18

3.2.4.	<i>Mente social, heurísticas e vieses</i>	19
3.2.4.1.	Empatia e alteridade: bases neurais.....	19
3.2.4.2.	Redes sociais e percepção de proximidade	20
3.2.4.3.	Importância do entendimento social para o design de experiências	21
3.2.5.	<i>Desacelerar para apreciar</i>	22
3.3.	Heurísticas, Leis e Vieses Cognitivos no Design de Experiências	23
3.3.1.	<i>Leis da Atenção e Tempo de Resposta</i>	23
3.3.1.1.	Lei de Fitts	23
3.3.1.2.	Lei de Hick-Hyman	24
3.3.1.3.	Limiar de Doherty (400ms)	26
3.3.1.4.	Teoria da Carga Cognitiva	27
3.3.1.5.	Lei de Miller	28
3.3.1.6.	Lei de Tesler	29
3.3.1.7.	Lei de Parkinson	30
3.3.2.	<i>Leis da Percepção Visual e Organização (Gestalt)</i>	30
3.3.2.1.	Lei da Proximidade	31
3.3.2.2.	Lei da Similaridade	32
3.3.2.3.	Lei da Região Comum	33
3.3.2.4.	Lei da Conectividade Uniforme	33
3.3.2.5.	Lei da Prägnanz.....	34
3.3.2.6.	Viés da Saliência	35
3.3.2.7.	Ilusão de Agrupamento.....	36
3.3.2.8.	Lei da Legibilidade	38
3.3.2.9.	Lei da Visibilidade	39
3.3.2.10.	Navalha de Occam	40
3.3.3.	<i>Leis da Emoção e Estética</i>	41
3.3.3.1.	Efeito da Usabilidade Estética	41
3.3.3.2.	Estado de Flow	42
3.3.3.3.	Efeito Zeigarnik.....	44
3.3.3.4.	Viés da Negatividade	45
3.3.3.5.	Desconto Temporal	46
3.3.4.	<i>Leis da Memória e Decisão</i>	48
3.3.4.1.	Lei de Jakob	48

3.3.4.2.	Viés de Escassez	49
3.3.4.3.	Heurística da Disponibilidade	50
3.3.4.4.	Regra do Pico-Fim.....	51
3.3.4.5.	Efeito Von Restorff.....	52
3.3.4.6.	Efeito da Posição Serial.....	53
3.3.4.7.	Princípio de Pareto	54
3.3.4.8.	Viés de Apoio à Escolha	55
3.3.4.9.	Efeito da Posse.....	56
3.3.4.10.	Viés de Ancoragem e Percepção de Valor	57
3.3.5.	<i>Leis do Comportamento Social e Expectativa</i>	59
3.3.5.1.	Viés da Prova Social.....	59
3.3.5.2.	Efeito da Mera Exposição	60
3.3.5.3.	Ilusão de Transparência	61
3.3.5.4.	Erro Fundamental de Atribuição	62
3.3.5.5.	Design para Extremos	62
3.3.5.6.	Ilusão de Controle.....	63
3.3.6.	<i>Métodos neurocientíficos aplicados ao Design de Experiência (UX)</i>	
	64	
3.3.6.1.	Eletroencefalografia (EEG).....	65
3.3.6.2.	Ressonância Magnética Funcional (fMRI)	66
3.3.6.3.	Rastreamento Ocular (Eye-tracking)	68
3.3.6.4.	Reconhecimento de Microexpressões Faciais.....	69
3.3.6.5.	Biossensores e Tecnologias Vestíveis (Wearables)	70
3.3.7.	<i>Preocupações Éticas no Design com Base em Neurociência,</i>	
	<i>Psicologia Cognitiva e Vieses Cognitivos</i>	71
3.3.7.1.	A natureza humana como constante	72
3.3.7.2.	O risco da manipulação: dark patterns e dissonância ética ..	72
3.3.7.3.	A ilusão da escolha: sobrecarga e privacidade.....	73
3.3.7.4.	Do cuidado à responsabilidade: a ética dos métodos.....	73
3.3.7.5.	Princípios éticos aplicados ao design neuro cognitivo	73
3.3.7.6.	O papel do designer neuro cognitivo	74
4.	RELEVÂNCIA	75
5.	REFERÊNCIAS	77

1. APRESENTAÇÃO

O Design de Experiências do Usuário (UX) mergulha profundamente nas necessidades humanas para criar produtos e serviços melhores — físicos ou digitais — que não só funcionam bem, mas também encantam e facilitam a vida. A profissão, como a conhecemos hoje, ganhou nome nos anos 1990, quando Don Norman cunhou o termo e popularizou conceitos em *The Design of Everyday Things* (NORMAN, 2013). Embora o rótulo seja recente, seus fundamentos derivam de abordagens empíricas herdadas do método científico — observar o comportamento, formular hipóteses, prototipar, testar, ajustar — integradas a campos como ergonomia, psicologia cognitiva e interação humano-computador.

Nas últimas décadas, o mercado de produtos digitais expandiu, atraindo — em ritmo sem precedentes — novos profissionais e uma profusão de ferramentas: softwares low-code, kits de UI prontos, bibliotecas de componentes e, mais recentemente, IAs que prometem gerar interfaces “perfeitas” em segundos. Essa abundância, aliada à urgência em preencher vagas, promove a entrada de profissionais despreparados e incentiva processos superficiais que se afastam justamente das raízes empíricas e iterativas — alicerçadas em neurociência e ciência do comportamento — que tornaram o design centrado no ser humano tão valioso.

Este artigo nasce desse descompasso. Ao constatar que muitos projetos se apoiam em frameworks sem questionar os mecanismos neuro cognitivos que tornam uma experiência orgânica, fluida, memorável ou frustrante, propomos um levantamento teórico de princípios e práticas das neurociências e psicologia cognitiva a fim de, por meio da construção de repertório, buscar recolocar o designer diante de sua origem investigativa — para que cada decisão de interface seja sustentada por evidências sólidas sobre como as pessoas percebem, sentem, lembram e se comportam.

Nos capítulos seguintes mostraremos como princípios de atenção, emoção e, sobretudo, memória — explicados pela neurociência e pela psicologia do comportamento — formam a base científica capaz de levar o profissional além dos

atalhos prontos, gerando experiências mais eficazes para as pessoas e resultados mais robustos para os negócios.

2. INTRODUÇÃO

“Design thinking virou um jargão, um fluxo rígido que dispensa pensamento crítico” — o alerta de Natasha Jen (JEN, 2017) serve de ponto de partida para este artigo. Desde a origem, o UX Design propõe compreender cientificamente as necessidades do usuário via design centrado no ser humano. Entretanto, a popularização de ferramentas visuais e frameworks levou parte da comunidade a priorizar a técnica em detrimento dos processos cognitivos que dão sentido a essas ferramentas.

A pandemia de 2019 acelerou uma digitalização global sem precedentes. No Brasil, o acesso à internet saltou de 71% em 2019 para cerca de 88% em 2025 (IBGE, 2023; DATAREPORTAL, 2024). Pressionadas, as empresas multiplicaram produtos digitais, enquanto as vagas na área (CATHO, 2022) exigiam mão de obra rápida. Entre 2020 e 2022, cerca de 25 mil profissionais migraram para UX (BRASSCOM, 2023). Para responder à procura acelerada por mão de obra, bootcamps de curta duração tornaram-se a rota de entrada mais visível no setor. O HolonIQ (2022) estima que programas intensivos de competências digitais formaram mais de 100 mil pessoas em 2021 e podem ultrapassar 380 mil concluintes anuais até 2025. O diretório Course Report (2024) já lista mais de 900 bootcamps ativos — 14 focados em UX/UI, vários com operação no Brasil ou turmas 100% online. Embora vendidos como “do zero ao mercado em poucos meses”, esses cursos privilegiam checklists (Design Sprint, Double-Diamond, UI kits) e deixam pouco espaço para discutir atenção, carga cognitiva ou memória na experiência do usuário (SPOOL, 2025).

Esses currículos comprimidos ensinam Design Sprint, Double-Diamond e UI kits, mas dispõem de pouco tempo para questionar fundamentos cognitivos. O resultado é um uso acrítico de frameworks: profissionais executam checklists padronizados, mas raramente demonstram — em termos de atenção, carga cognitiva ou memória — o impacto real de uma interface no usuário (SPOOL, 2025).

Em um mundo acelerado, frameworks são atalhos valiosos desde que aplicados com discernimento. Até que ponto os novos designers compreendem o cérebro humano para quem projetam? Serão capazes de criar experiências eficazes,

justificadas por métricas de usabilidade, engajamento e retenção, que conectem neurociência, design e resultados de negócio (NIELSEN; MOLICH, 1990)?

Hipótese central: Projetar realidades digitais eficazes exige entender como o cérebro constrói a realidade individual a partir dos sentidos, instintos e diferentes tipos de memória (sensorial, de trabalho e de longo prazo) (BADDELEY, 2003). Frameworks e IAs são meios, não fins: só o conhecimento dos mecanismos neurais permite experiências que respeitam e potencializam as singularidades do usuário, mesmo sob rápidas mudanças tecnológicas.

Nos capítulos seguintes veremos como a atenção orienta hierarquias visuais, a emoção fortalece vínculos e a memória define limites de interface, oferecendo bases científicas para decisões de design mais conscientes.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. A tensão contemporânea: superficialidade e uso acrítico de ferramentas

Atualmente, há uma abundância inédita de ferramentas tecnológicas disponíveis para designers de UX: softwares "low-code", bibliotecas prontas de componentes visuais e inteligências artificiais capazes de gerar interfaces completas em segundos. Bootcamps intensivos e cursos rápidos também se multiplicam, oferecendo promessas sedutoras de formação acelerada e prática imediata, frequentemente com um foco excessivo em frameworks populares como o Design Sprint, Double Diamond e UI kits pré-formatados (HolonIQ, 2022; Course Report, 2024). O risco, entretanto, é evidente: ao privilegiar a agilidade, muitos profissionais acabam adotando essas soluções sem questionar criticamente suas implicações cognitivas e comportamentais (Jen, 2017; Spool, 2025), limitando e empobrecendo tomadas de decisão e articulações de design, tão importantes nos dias de hoje.

Essa tendência de adoção acrítica transforma métodos originalmente investigativos e iterativos em meras receitas a serem seguidas mecanicamente, distanciando os designers das bases científicas que deveriam sustentar o UX design. Com isso, a profundidade da compreensão sobre as necessidades humanas reais diminui drasticamente, resultando em interfaces superficiais, bonitas à primeira vista, mas potencialmente frágeis diante da complexidade do comportamento humano.

3.2. “Ainda somos (quase) os mesmos”: a imutabilidade biológica frente à tecnologia

A cada dois anos, a Lei de Moore prevê que os processadores dobrem de capacidade – uma evolução que nasceu em 1965 e se acelerou com previsões de singularidade computacional (Kurzweil, 2005), GPTs que alcançam 100 milhões de usuários em 3 dias (2022) e IAs que reinventam o design de interfaces quase da noite para o dia.

Em contraste, nossa arquitetura cerebral básica — talhada ao longo de centenas de milhares de anos — muda em um ritmo que nem sequer cabe em uma

comparação anual. Somos os herdeiros de um cérebro adaptado a desafios de caça, abrigo e convivência social em ambientes pré-digitais, dotado de limites e mecanismos que ainda hoje definem toda experiência tecnológica.

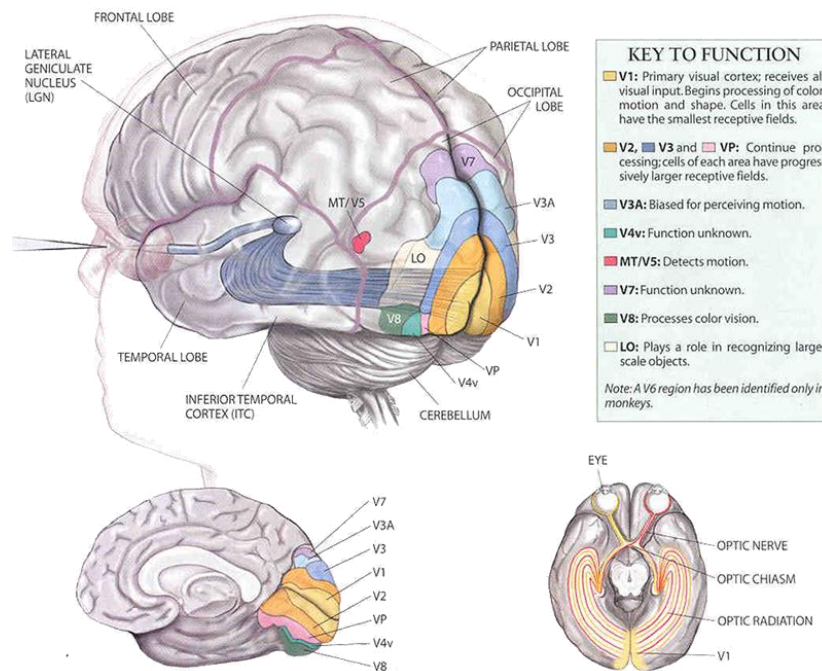
Para entender esse descompasso, é preciso reconhecer fundações imutáveis da condição humana, em torno das quais se apoiam — ou deveriam se apoiar — todos os métodos e ferramentas.

3.2.1. Sentidos e atenção: gargalos preservados pelo custo metabólico

3.2.1.1. Visão

A visão deve responder ao primeiro chamado de perigo ou oportunidade no ambiente, mas também é o sentido que mais consome energia no cérebro — cerca de 30 % de toda a glicose usada por nós (Lennie, 2003). Para entender por que enxergamos só uma fração do que chega à retina, precisamos olhar para a via visual (figura 1): da retina, sinais viajam pelo nervo óptico até o corpo geniculado lateral (CGL) no tálamo e, dali, são encaminhados para o córtex visual primário, a famosa área V1, no lobo occipital. É ali que cada pixel do que vemos ganha sua primeira forma cortical.

figura 1: Detalhamento do processamento visual no cérebro humano



Fonte: Vrolijkweezien (<https://www.vrolijkweezien.nl/craniosacraal/oogwerk/anatomie/visuele-cortex/>, acessado em julho de 2025)

O córtex pré-frontal, por sua vez, só consegue manter viva uma única representação consciente por vez, inibindo as demais informações (Posner, 2012). Para economizar energia nesse trajeto, a evolução moldou filtros que barram quase todo o excesso de dados: só os sinais mais relevantes chegam de fato ao córtex pré-frontal. Embora a tecnologia avance em ritmo exponencial, a densidade de neurônios na área V1 do *Homo sapiens* atual é praticamente a mesma de 200 000 anos atrás (Sherwood et al., 2020). Isso significa que, por mais que as telas atuais exibam feeds em alta frequência, nossa “resolução” visual só responde ao que esse filtro biológico permite.

3.2.1.2. *Audição*

O som entra pelos ouvidos, desce pela cóclea para ativar células ciliadas, cujo impulso segue até o núcleo coclear no tronco cerebral e então ao colículo inferior no mesencéfalo. Dessa fase, a informação atinge o corpo geniculado medial (CGM) no tálamo e finalmente o córtex auditivo primário (A1) no lobo temporal (figura 2).

figura 2: Via auditiva: da recepção ao processamento



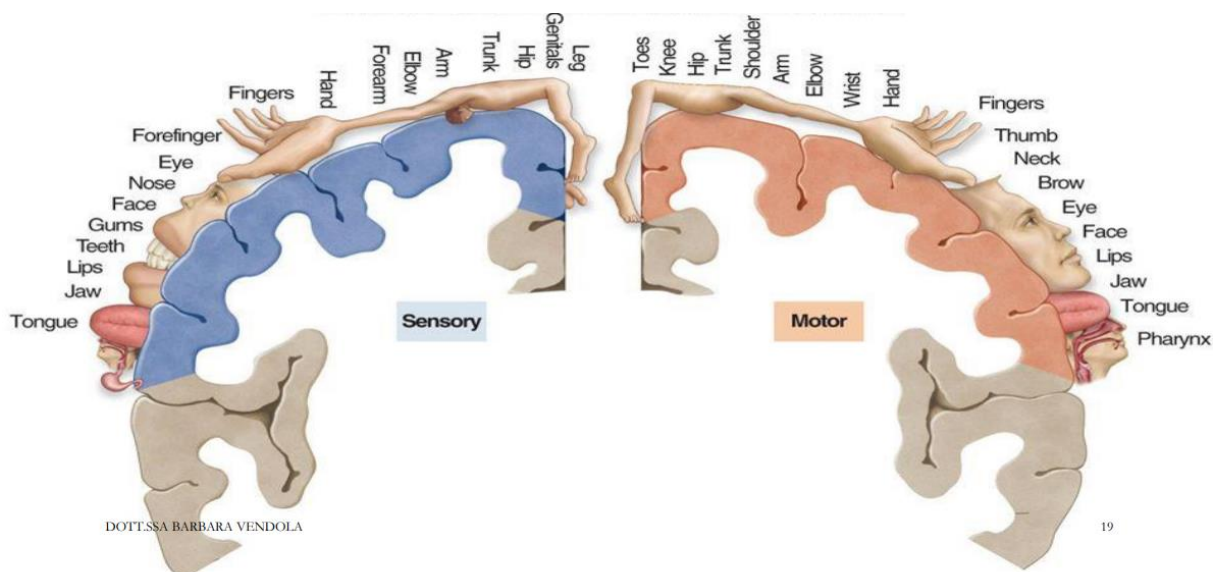
Fonte: Microsom (<https://www.microsom.com.br/como-usamos-nosso-cerebro-para-ouvir/>, acessado em julho de 2025)

O experimento do “cocktail party” (Cherry, 1953) mostrou que, quando diversas vozes chegam ao mesmo tempo, conseguimos escolher apenas uma para “ouvir” conscientemente. Estudos de EEG confirmam que, embora o córtex auditivo reaja a vários sons, só o fluxo em foco recebe amplificação no CGM e entra no córtex pré-frontal para percepção consciente (Woldorff, 2007). A frequência de disparo máxima dos neurônios auditivos em neandertais e em humanos modernos é praticamente igual (Martínez, 2018). Isso quer dizer que, por mais canais de áudio 8D que um aplicativo ofereça, continuamos limitados a um único “canal” auditivo consciente, exatamente como nossos ancestrais há dezenas de milhares de anos.

3.2.1.3. Tato e propriocepção

Quando tocamos algo, receptores mecânicos na pele — discos de Merkel, cápsulas de Meissner, órgãos de Ruffini e corpúsculos de Pacini — geram impulsos que chegam ao gânglio da raiz dorsal e sobem, pela medula espinal, ao tálamo e ao córtex somatossensorial primário (S1), localizado no giro pós-central, no lobo parietal. Esses mapas somatotópicos no S1 indicam um “espelho” da superfície corporal (figura 3), e tanto o afinamento de receptores nos dedos quanto a precisão tátil são praticamente inalterados desde nossos antepassados caçadores-coletores (Penfield & Boldrey, 1937; Sherwood et al., 2020).

figura 3: O “homúnculo” da zona somatossensorial primária (S1)



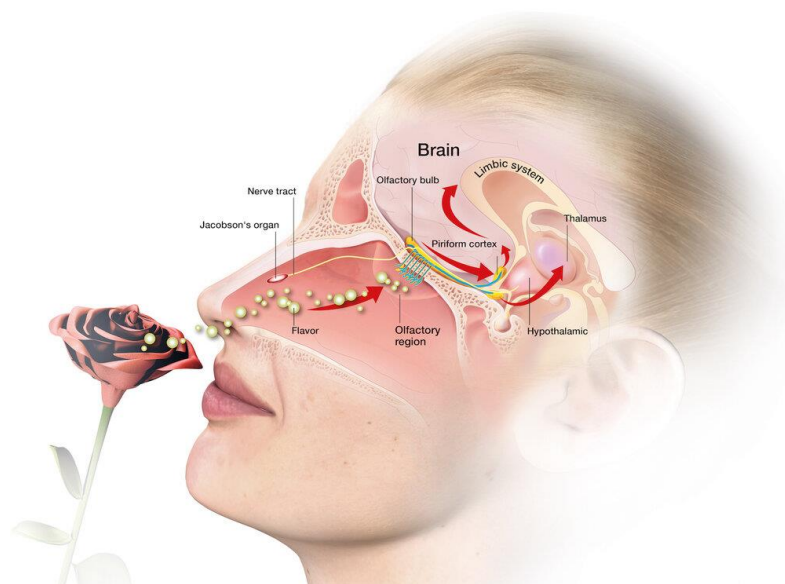
Fonte: UNIVERSIDADE DE MACERATA. *Curso TFA Sostegno: escola infantil e escola primária*. Macerata, 2019. Slide 19. Apresentação em PowerPoint.

Em cada centímetro quadrado da ponta do dedo, existem cerca de 17 000 receptores de pressão, mas apenas 10 % deles disparam acima do limiar que nos permite distinguir duas pontas próximas (Weinstein, 1968). Se vibrarmos a pele acima de 250 Hz, chegamos ao limite do canal de Pacini, causando sensação de “entorpecimento tátil” — por isso, dispositivos hápticos precisam trabalhar abaixo de 200 Hz, faixa que nosso sistema ainda consegue discriminar sem sobrecarga.

3.2.1.4. *Olfato e paladar*

Os cheiros são captados por células receptoras na mucosa olfatória do nariz. Essas células enviam sinais diretamente ao bulbo olfatório, que, por sua vez, projeta-se para o córtex piriforme e estruturas límbicas como a amígdala e o hipocampo (figura 4), o que explica o motivo de alguns aromas evocarem imediatamente uma emoção ou lembrança. Mesmo com metade dos genes de receptor olfativo havendo se tornado inativo, mantemos cerca de 400 genes funcionais, sem mudanças significativas nos últimos 100 000 anos (Keller & Vosshall, 2016).

figura 4: Sistema Olfativo

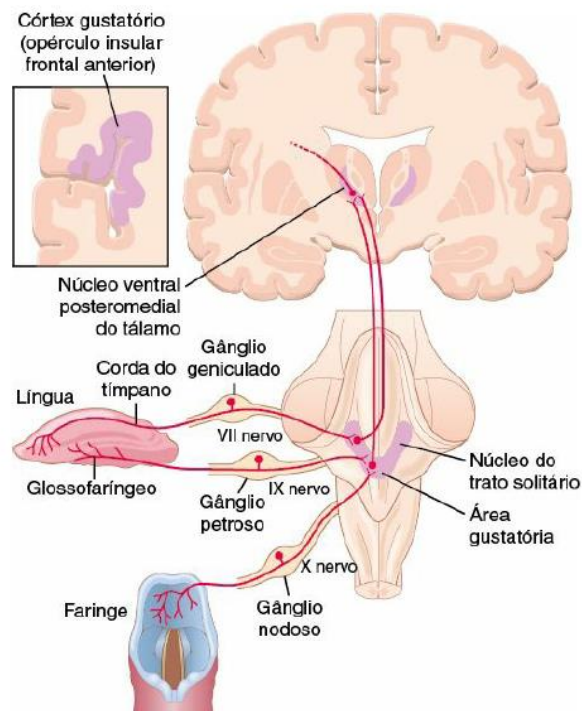


Fonte: Axel Kock (<https://www.richardsonthebrain.com/olfactory-pathways>, acessado em julho de 2025)

Já o paladar depende de papilas gustativas na língua, que transmitem informações sobre doce, salgado, azedo, amargo e umami ao trato solitário no tronco

cerebral, de onde sobem ao tálamo e alcançam o córtex gustativo, no lobo insular (figura 5). A resolução de cheiros e sabores permanece baixa: nossa memória olfativa é rara e quase impossível de descrever em detalhes (Jönsson & Arshamian, 2019). Qualquer tentativa de digitalizar odores ou gostos esbarra em uma largura de banda muito menor que a de vídeo ou áudio.

figura 5: Transmissão dos sinais gustatórios para o sistema nervoso central

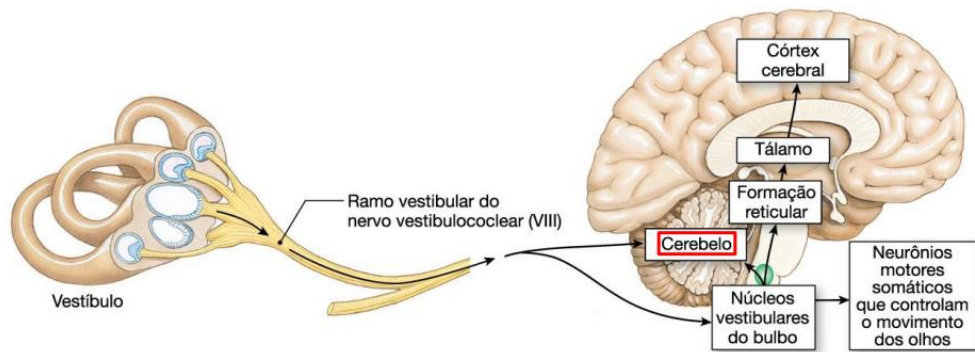


Fonte: Guyton e Hall, 2017

3.2.1.5. Sistema vestibular

Para equilibrar-se e perceber movimento, contamos com canais semicirculares e otólitos no labirinto do ouvido interno. Esses sensores mandam sinais ao núcleo vestibular no tronco cerebral e, depois, ao cerebelo e ao córtex vestibular, em áreas parietais e temporais. Eles despacham cerca de 20 impulsos por segundo para informar rotações da cabeça e variações de aceleração linear (figura 6).

figura 6: Vias do equilíbrio no sistema nervoso central



Fonte: SILVERTHORN (2010)

Quando um óculos de realidade virtual atualiza abaixo de 20 Hz, criamos um conflito entre o que a visão registra e o que o sistema vestibular informa, gerando náusea e tonturas (LaViola, 2000). A estrutura microscópica desses sensores era praticamente a mesma em *Homo heidelbergensis*, 300 000 anos atrás — mudanças estruturais relevantes foram mínimas segundo estudos paleoneurológicos (Sporer & Zonneveld, 1998).

3.2.1.6. *Importância dos sentidos para o design de experiências*

Em cada sentido, nossas vias neurais evoluíram para filtrar o mundo de forma eficiente, mas não para lidar com a enxurrada de estímulos digitais. Nossa visão passa pelo córtex V1, onde milhões de neurônios criam nossa percepção, mas só conseguimos acompanhar um foco consciente por vez. Os sons entram pelo núcleo coclear até o tálamo e chegam ao córtex pré-frontal, que só deixa um único “canal” consciente ganhar prioridade. O tato viaja dos receptores de Meissner e Pacini até o córtex S1, mas acima de 200 Hz os canais se saturam, fazendo o toque “desaparecer”. Cheiros e sabores seguem conexão direta ao sistema límbico, onde amígdala e córtex orbitofrontal decidem seu valor emocional antes de termos consciência. E nosso equilíbrio depende dos canais semicirculares e otólitos, que disparam a cerca de 20 Hz para o cerebelo, de modo que qualquer atraso causa enjoo em realidade virtual.

Entender essa anatomia sensorial é crucial para o design: em vez de empilhar estímulos, devemos respeitar os limites de V1, córtex pré-frontal, S1, vias límbicas e circuitos vestibulares. Assim, a interface se torna um fluxo natural, evitando sobrecarga visual, confusão auditiva, “entorpecimento” tátil, ruído olfativo e náusea.

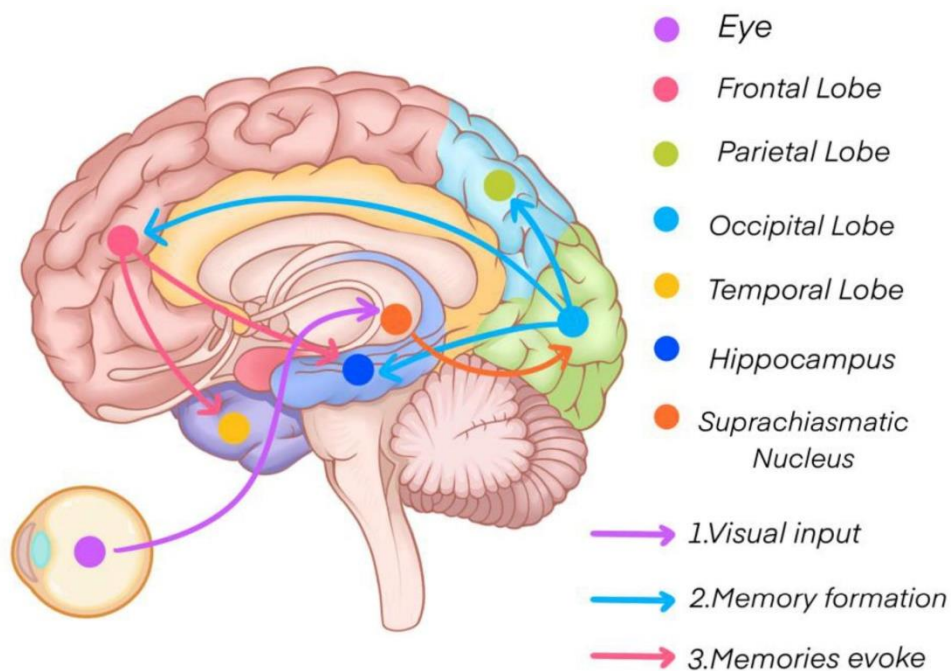
Projetar com esse conhecimento em mente gera experiências digitais mais suaves, intuitivas e verdadeiras extensões dos nossos sentidos, mesmo em um mundo repleto de telas, sons e vibrações.

3.2.2. *Memória de trabalho, consolidação e seus “satélites”*

Assim como os sentidos são responsáveis por captar informações do mundo externo, a memória atua como o sistema cerebral encarregado de armazenar, organizar e evocar essas informações. Longe de ser um simples depósito estático, a memória é resultado de uma série complexa de interações neuronais, distribuídas por diversas regiões do cérebro.

Inicialmente, as informações acessam a memória de trabalho, uma capacidade cognitiva limitada e temporária que permite manipular e utilizar informações no momento presente. A partir daí, ocorre a consolidação, processo pelo qual certas informações relevantes são transferidas para a memória de longo prazo, envolvendo principalmente a ação do hipocampo. Esta estrutura cerebral, situada no lobo temporal, atua como uma central de integração, convertendo memórias recentes em representações mais duradouras, distribuídas pelo córtex cerebral (figura 7).

figura 7: Sistema de formação de memórias



(DUAN et al., 2025)

Esses processos neurais determinam não só o que lembramos, mas como percebemos e interagimos com nossas experiências. Por isso, compreender tais mecanismos é essencial para designers que buscam criar experiências digitais eficazes e memoráveis, favorecendo uma melhor interação e retenção das informações pelos usuários.

3.2.2.1. *Memória sensorial*

Antes de qualquer informação chegar à nossa consciência, ela passa por um “buffer” ultrarrápido que mantém rastros de estímulos por frações de segundo. No caso da visão, chamamos isso de memória icônica: uma imagem se mantém viva por cerca de 250ms no córtex occipital, o que já é suficiente para que façamos comparações visuais rápidas (Sperling, 1960). Para o som, existe a memória ecoica, que armazena padrões auditivos por aproximadamente 3 s em áreas do tronco cerebral e do córtex temporal. Esse modo de retenção breve exige grande gasto de energia; evolutivamente, não faria sentido prolongar esses rastros, pois manteríamos detalhes irrelevantes que atrapalhariam a ação imediata.

3.2.2.2. *Memória de trabalho*

A memória de trabalho — também chamada de memória operacional — depende de circuitos frontoparietais, em que regiões do córtex pré-frontal mantêm ativos padrões neuronais ao mesmo tempo em que o lobo parietal integra contextos espaciais e sensoriais. Em média, só conseguimos segurar cerca de quatro elementos simultaneamente (Cowan, 2001). Por exemplo, ao redesenhar uma tela, não adianta exibir cinco menus complexos de uma vez, pois a memória de trabalho simplesmente não comporta tantas opções sem sobrecarregar o usuário. Esses circuitos mantêm as informações por alguns segundos, mas, mesmo nesse curto intervalo, estão sujeitos a “ruído sináptico”: distrações ou detalhes concorrentes que podem apagar a representação antes que ela seja usada.

3.2.2.3. *Memória espacial*

Ligada intimamente ao hipocampo, a memória espacial nos permite “navegar” em ambientes físicos e digitais. Células de lugar (place cells) no hipocampo e células de grade (grid cells) no córtex entorrinal criam um mapa interno do espaço que usamos para lembrar onde clicamos em uma interface ou como voltar à página

anterior. Esse sistema evoluiu para que nossos ancestrais pudessem lembrar rotas até fontes de água ou áreas de caça. No design de interfaces, manter padrões de navegação consistentes (por exemplo, colocar o menu no mesmo local em todas as telas) explora esse recurso antigo, facilitando o aprendizado e evitando que o usuário se perca. A microestrutura do hipocampo humano, responsável por codificar trajetórias espaciais, não mudou de maneira significativa nos últimos 50 000 anos (Buzsáki & Moser, 2013).

3.2.2.4. *Memórias de médio e longo prazo*

Quando uma informação é repetida ou considerada relevante — seja por carga emocional ou por associação com outros conhecimentos —, o traço de memória deixa o hipocampo e se “instala” em diferentes áreas do córtex:

- **Memória episódica** (eventos vividos) e **memória semântica** (fatos e conceitos), ambas armazenadas principalmente no córtex temporal medial.
- **Memória procedural** (habilidades motoras como digitar, gestos em telas sensíveis ao toque), consolidada nos gânglios da base e no cerebelo.
- **Memória prospectiva** (lembrar de executar uma ação no futuro), que envolve redes de planejamento no córtex pré-frontal, as mesmas que nossos antepassados usavam para coordenar atividades complexas, como emboscadas de caça ou a busca por frutos sazonais (Gilbert & Wilson, 2007).

A curva de esquecimento descrita por Ebbinghaus (1885) segue valendo: sem reforço — seja revisão, repetição ou contexto emocional — perdemos até 70 % do novo conteúdo em 24 h (Murre & Dros, 2015). Esse declínio acontece porque o traço de memória, antes mesmo de chegar ao córtex, enfraquece no hipocampo se não houver “dopamina” emocional suficiente ou repetição.

3.2.2.5. *Importância da memória para o design de experiências*

Em telas onde o usuário precisa navegar por múltiplas seções, explorar funções ou aprender novos atalhos, é fundamental respeitar esses limites:

- **Memória sensorial e de trabalho** impõem que apenas algumas informações-chave apareçam de cada vez, para que não haja distração excessiva.

- **Memória espacial** recomenda manter padrões fixos para localização de menus e botões, pois ajuda o cérebro a construir mapas mentais da interface com rapidez.
- **Consolidação de longo prazo** exige que funções críticas sejam exploradas em contextos que gerem associação (ícones consistentes, sons familiares, feedback tátil), para que fiquem gravados no córtex em vez de se perderem no hipocampo.

Ao projetar telas, conhecer esses processos neuroanatômicos garante que cada elemento seja memorizado na hora certa e, se necessário, revisitado no momento certo — exatamente como nossos cérebros fizeram durante milênios em um mundo analógico, mas agora aplicados a filas de menu e gestos de deslizar.

3.2.3. *Emoção, o sistema operacional mais antigo*

Emoção é um dos sistemas mais antigos do nosso cérebro e atua mesmo antes de avaliarmos se algo “parece bem” ou “funciona bem”. Don Norman destacou que nossas reações a cores, formas ou sons acontecem em três níveis: visceral (a reação imediata, instintiva), comportamental (como usamos ou navegamos naquele sistema) e reflexivo (o que pensamos sobre a experiência depois) (figura 8). É o nível visceral em que a emoção entra primeiro, disparada pela amígdala, pequena estrutura no lobo temporal.

Figura 8: Três níveis do design emocional de Don Norman



Fonte: Webinhood (<https://www.webinhood.com.br/design-emocional-o-que-e-como-usar-e-exemplos/>, acessado em julho de 2025)

Quando vemos uma cor vibrante que lembra um fruto maduro, percebemos uma forma suspeita ou ouvimos um som inesperado, a amígdala envia sinais ao tronco cerebral para preparar respostas de “luta ou fuga” e dispara a liberação de dopamina no circuito de recompensa (número accumbens), incentivando comportamentos que ajudaram nossos antepassados a sobreviver (Damásio, 1994; Panksepp, 1998). Esse atalho límbico→ autonômico acontece em milissegundos, bem antes do córtex pré-frontal envolver qualquer julgamento racional.

3.2.3.1. *Dimensões básicas: valência e excitação*

Dentro do sistema límbico, nossas emoções se organizam segundo duas dimensões principais: valência—que vai do prazer ao desprazer—e excitação (arousal), que mede a intensidade emocional de algo (Russell, 2003). Em termos de design, essas dimensões determinam o quão urgente, atraente ou desconfortável um elemento pode ser. Por exemplo, um botão vermelho piscando gera maior excitação, chamando atenção imediata (nível visceral), mas sem cuidado pode disparar desconforto (valência negativa). Já uma micro animação suave ao clicar transmite sensação de sucesso (valência positiva) e transita para o nível comportamental, incentivando o usuário a repetir aquela ação. No nível reflexivo, guardamos esse registro emocional para decidir se voltaremos a usar a mesma interface.

3.2.3.2. *Memória emocional: como eventos ganham força duradoura*

Assim que a amígdala se ativa, ela interage com o hipocampo para priorizar memórias carregadas de emoção (McGaugh, 2004). Em simples termos, apenas um evento neutro tende a se apagar em horas ou dias, mas uma experiência marcada por medo, surpresa ou prazer tem muito mais chance de ser transferida para o córtex temporal medial e se tornar uma lembrança duradoura. No nível visceral, essas lembranças ficam associadas a detalhes sensoriais (cor, som, micro animação). No nível comportamental, reforçam padrões de uso (por exemplo, saber que algo é fácil porque houve recompensa emocional). No nível reflexivo, formam nossa opinião sobre o produto— “esse site me fez sentir seguro” ou “aquele app me deixou ansioso” —e influenciam novos retornos e recomendações.

3.2.3.3. *Expressões universais e circuitos herdados*

Apesar da riqueza cultural e das diferenças de idioma, estudos de Paul Ekman mostram que certas expressões—sorriso genuíno (Duchenne), franzir de testa para desgosto, enrugar o nariz para nojo—são reconhecidas por qualquer pessoa, em qualquer lugar (Ekman, 2003). Essas expressões dependem de vias subcorticais muito antigas: amígdala, hipotálamo e tronco cerebral. Só depois o córtex motor gera o movimento facial. Substituir essa “programação emocional” exigiria mutações genéticas profundas ao longo de gerações, arriscando a adaptação de toda a espécie. Por isso, todo recurso de design que busca despertar emoção — seja uma cor, um som ou uma micro animação — opera nesses circuitos ancestrais, explorando reações instintivas para tornar a interface memorável.

3.2.3.4. *Regulação pré-frontal: equilibrando emoção e razão*

Embora a amígdala reaja rápido, o córtex pré-frontal (em especial as áreas orbito frontal e ventromedial) entra em ação logo em seguida para avaliar informações contextuais e moderar a intensidade da resposta emocional. Nesse “nível comportamental”, o usuário não apenas sente um impulso instintivo, mas pensa “será que devo clicar?”, “será que esse alerta é confiável?”. Don Norman destaca que, para um design ser bem-sucedido, ele deve harmonizar as reações viscerais (atração imediata) com a facilidade de uso comportamental (funcionalidade clara) e, finalmente, provocar reflexões positivas (confiança no produto). Assim, a emoção não é apenas ruído: quando bem dosada, ela orienta a atenção, intensifica a compreensão e enriquece o julgamento reflexivo.

3.2.3.5. *Importância das emoções no design de experiências*

Nossos circuitos emocionais são heranças dos primeiros mamíferos e permanecem praticamente inalterados. Primeiro, a amígdala detecta qualquer estímulo relevante, determinando o foco atencional. Depois, orienta o hipocampo a priorizar memórias emocionais para o armazenamento de longo prazo. Enquanto isso, o córtex pré-frontal avalia contextos, modulando o impulso inicial. Don Norman nos ensina que, ao projetar para esses três níveis—visceral, comportamental e reflexivo—usamos a própria química cerebral como “cola” para fixar experiências. No dia a dia digital, quando telas, sons e micro animações disputam nossa atenção, entender essa

neuroanatomia permite criar interfaces que não só capturam o olhar, mas passam a habitar nossas lembranças e inspirar confiança.

3.2.4. Mente social, heurísticas e vieses

Desde os primeiros agrupamentos de caçadores-coletores, nossa sobrevivência esteve vinculada à habilidade de cooperar em grupos relativamente pequenos. Pesquisas indicam que somos capazes de manter relações sociais estáveis com algo em torno de 150 pessoas — o célebre “número de Dunbar” (Dunbar, 1998). Para sustentar essas conexões, o cérebro desenvolveu circuitos próprios, como a chamada “rede de mentalização” (temporoparietal e córtex pré-frontal medial) e os neurônios-espelho (localizados nos córtices frontal e parietal), que nos permitem ler expressões faciais, decifrar intenções alheias e antecipar comportamentos de forma quase automática (Frith & Frith, 2006; Rizzolatti & Craighero, 2004).

No fundo, tudo isso se resume a uma questão de economia de energia: rastrear cada detalhe do comportamento de todos no grupo seria dispendioso demais. Em vez de processar conscientemente todas as informações, nosso cérebro recorre a atalhos rápidos que selecionam apenas o essencial para tomar decisões sociais. Esse “filtro” natural permite reconhecer quem está inclinado a cooperar, quem pode representar risco ao grupo e quem oferece apoio em momentos de necessidade.

3.2.4.1. Empatia e alteridade: bases neurais

Empatia é a capacidade de compreender ou compartilhar os estados internos de outra pessoa. No cérebro, ela envolve dois sistemas principais: os neurônios-espelho, que ativam uma resposta emocional automática ao observar emoções alheias (por exemplo, uma expressão de dor), e a rede de mentalização, que nos permite inferir crenças, intenções e desejos de outros (Frith & Frith, 2006; Rizzolatti & Craighero, 2004).

Esses dois sistemas refletem dois tipos de empatia com papéis distintos:

- Empatia emocional é visceral e imediata: sentimos o que o outro sente. Está ligada ao sistema límbico e a respostas corporais automáticas. É útil em relações interpessoais próximas, mas pode ser enviesada e desgastante em contextos profissionais — como o design —, pois tende a privilegiar pessoas parecidas conosco ou casos mais “emocionantes”.

- Empatia cognitiva, por outro lado, é deliberada: colocamo-nos no lugar do outro de forma racional, imaginando suas motivações, restrições e objetivos. Envolve o córtex pré-frontal e as áreas de simulação mental. É essa empatia que permite ao designer sair de si, entender usuários com repertórios diferentes e tomar decisões ponderadas, mesmo sem envolvimento emocional direto.

Em design, a empatia cognitiva é a mais eficaz. Ela fornece distanciamento crítico, permite considerar múltiplos perfis sem colapsar emocionalmente, e cria espaço para aplicar dados, evidências e diversidade de perspectivas. Já a empatia emocional, se levada ao extremo, pode levar a distorções: projetar para "quem me comoveu", favorecer usuários mais parecidos comigo ou criar experiências agradáveis que negligenciam critérios funcionais ou de negócio.

Além disso, confundir empatia com alteridade é um risco recorrente. Alteridade exige reconhecer que o outro não é um reflexo de nós — e que sua experiência não pode ser totalmente simulada, apenas respeitada. Enquanto a empatia (especialmente a emocional) parte da identificação, a alteridade parte da diferença. No design, essa distinção evita generalizações indevidas e amplia a inclusão.

Portanto, a prática de UX precisa equilibrar:

- Empatia cognitiva: como lente para entender perspectivas distintas;
- Alteridade: como alerta contra projeções excessivas;
- Ciência do comportamento: como base para decisões consistentes.

Esse tripé mantém o designer atento, ético e eficaz — mesmo em projetos complexos ou emocionalmente ambíguos.

3.2.4.2. *Redes sociais e percepção de proximidade*

As redes sociais digitais exploram justamente esse “software social” herdado dos ancestrais. Ao permitir que sigamos centenas ou milhares de perfis, elas criam uma ilusão de proximidade: acreditamos “conhecer” pessoas com quem nunca trocamos uma palavra além de um “curtir”. No entanto, o “número de Dunbar” não mudou; mesmo que o algoritmo mostre postagens e comentários de inúmeros usuários, nosso cérebro ainda processa essas informações como se pertencêssemos a pequenos grupos.

Esse descompasso gera dois efeitos principais:

- **Falsa proximidade:** ao vermos histórias, fotos e opiniões de desconhecidos lado a lado com as de amigos íntimos, tendemos a atribuir a mesma confiança a ambas as fontes. Como resultado, acabamos reagindo emocionalmente a conteúdos de pessoas que, na prática, não fazem parte do nosso círculo real.

- **Sinalização social em alta velocidade:** em comunidades presenciais, notícias (boatos ou reconhecimentos) circulavam boca a boca a um ritmo controlado. Nas redes digitais, esse “boca a boca” acontece instantaneamente: qualquer comentário ou compartilhamento pode atingir bilhões de pessoas em segundos. O efeito é semelhante ao da antiga “fofoca” — não no sentido pejorativo, mas como forma de transmitir informações importantes para avaliar alianças e reputações —, só que agora em escala global e sem filtro humano.

3.2.4.3. *Importância do entendimento social para o design de experiências*

Quando um produto digital estimula interações sociais — seja exibindo “quem curtiu” ou recomendando “amigos de amigos” —, ele precisa levar em conta que o cérebro humano foi evoluído para processar no máximo algumas centenas de relações de confiança. Forçar o usuário a lidar com centenas de perfis “iguais” produz uma sobrecarga cognitiva e dilui a percepção de quem realmente importa.

Para respeitar esses limites, o designer pode:

- **Realçar laços estreitos:** destacar interações de contatos frequentes (familiares, amigos íntimos) em vez de exibir indiscriminadamente todos os seguidores;
- **Filtrar contextos sociais:** usar indicadores de “conexão próxima” (como “melhor amigo” ou “parente”) para sinalizar quando um comentário vem de alguém do círculo real do usuário;
- **Limitar notificações algorítmicas:** evitar bombardear o usuário com alertas irrelevantes sobre pessoas com quem ele não tem vínculo afetivo.

Ao adotar essas estratégias, recriamos digitalmente o que ocorria em pequenas tribos analógicas: valendo-se dos mesmos circuitos neurais de empatia e alteridade, mas sem sobrecarregar o sistema natural de filtragem social.

Em suma, nosso “cérebro social” — formado pela combinação de neurônios-espelho e da rede de mentalização — tem o propósito de gerar confiança, avaliar riscos e promover cooperação em grupos de, no máximo, 150 pessoas. Esse mecanismo evoluiu para operar em ambientes de baixa variabilidade e trocas lentas

de informações. Quando projetamos experiências digitais que ignoram esse legado, criamos sensações de dúvida, ansiedade e até fadiga social, pois tentamos expandir virtualmente redes que estão além das capacidades do nosso hardware biológico. Compreender essa origem neuro cognitiva é o primeiro passo para desenhar interfaces que valorizem relacionamentos reais e evitem o esgotamento emocional.

3.2.5. Desacelerar para apreciar

Imagine dois rios convergindo: um traz inovações que mudam em semanas — frameworks que se atualizam da noite para o dia, bibliotecas surgindo em avalanche, IAs prometendo “design perfeito” num clique — e o outro é o rio da cognição humana, cujas correntes de atenção, memória e emoção avançam com a lentidão de milênios de evolução. Se o barco de cada usuário enfrentar ambos sem cuidado, basta uma correnteza mais forte para que ele vire.

O fato é que nossos processos atencionais, nossa memória de trabalho, nossa forma de consolidar lembranças e nossas respostas emocionais permanecem quase os mesmos desde a era paleolítica (Kahneman, 2011). Quando exigimos do usuário cinco opções de menu simultâneas, formulários sem fim ou impomos prazos para criar memória — todos esses “atalhos” ignoram limites que a evolução estabeleceu. O resultado é um barco que se desequilibra sem que ninguém perceba, exatamente porque seguimos apenas o fluxo dos métodos mais celebrados, não o ritmo do cérebro.

Desacelerar não significa abandonar a inovação; é antes enxergá-la pela lente dos limites humanos. Em vez de aplicar cegamente o checklist mais novo, precisamos formular hipóteses sobre como o usuário efetivamente pensa e aprende. Prototipar com agilidade é útil, mas testá-lo com calma é essencial: só assim coletamos evidências de onde o fluxo está turbulento e podemos ajustar cada etapa para que caiba no “rio raso” da cognição. Quando dividimos processos longos em partes menores, criamos pontos de ancoragem que mantêm o olhar no lugar certo e sinalizamos, a cada passo, o progresso realizado, conseguimos converter correntes traiçoeiras em águas navegáveis.

Essa desaceleração reconecta o UX Design ao espírito investigativo da ciência cognitiva: ao compreender a base neuroanatômica de atenção, memória e emoção, transformamos frameworks e ferramentas não em correntezas para abandonar, mas em canais de inovação verdadeiramente eficazes. Com essa base firmada, estamos

prontos para avançar ao próximo capítulo, onde a neurociência nos mostrará como atenção, heurísticas e vieses influenciam cada escolha de interface — permitindo-nos desenhar experiências mais conscientes, naturais e, sobretudo, humanas.

3.3. Heurísticas, Leis e Vieses Cognitivos no Design de Experiências

A seguir apresentaremos um conjunto de leis, heurísticas e vieses cognitivos fundamentais para a prática do design de experiências. A organização aqui proposta agrupa os conceitos segundo suas raízes cognitivas e neurológicas predominantes, permitindo ao leitor compreender como o cérebro humano influencia (e limita) as interações digitais. Cada agrupamento é estruturado para refletir os temas abordados na seção 3.2: atenção, percepção, emoção, memória e comportamentos sociais.

3.3.1. Leis da Atenção e Tempo de Resposta

Conceitos relacionados ao tempo de reação, esforço cognitivo e desempenho sob carga limitada. Estas leis se baseiam na capacidade de processamento do cérebro, especialmente nos sistemas de atenção seletiva e memória de trabalho.

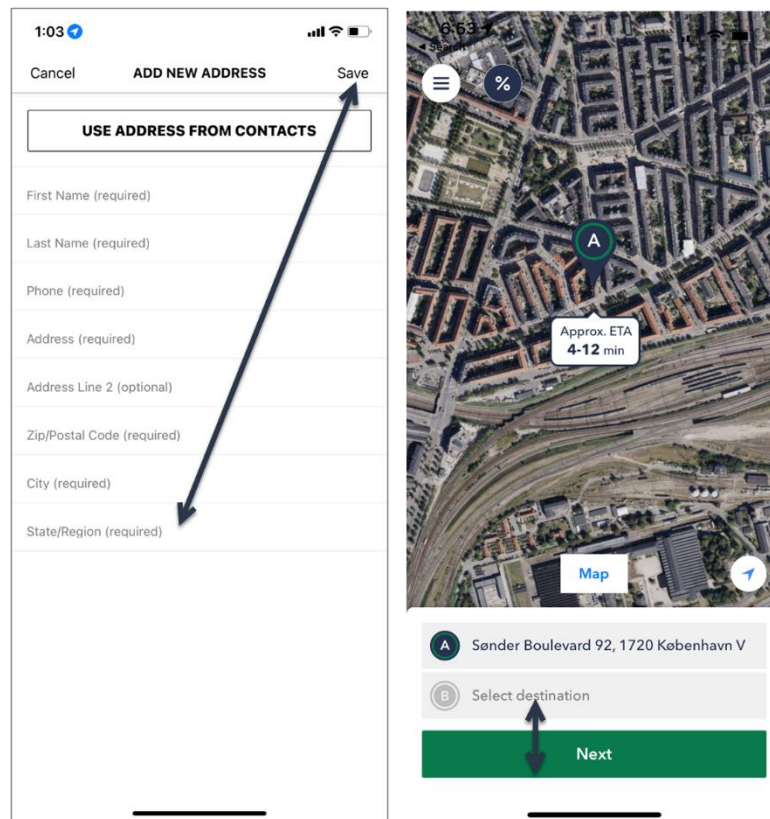
3.3.1.1. Lei de Fitts

“O tempo para atingir um alvo é uma função logística da razão entre a distância até o alvo e o tamanho do alvo.” (FITTS, 1954)

Alcançar um alvo na interface — seja um botão, um menu ou um ícone de “fechar” — recria, digitalmente, o mesmo desafio de mirar num objeto no mundo real: quanto menor o alvo e maior a distância que precisamos percorrer com o olhar e o cursor, maior será o tempo de interação.

A via visual filtra as informações que chegam à retina, repassando ao córtex pré-frontal apenas os sinais mais relevantes. Se colocarmos um botão minúsculo num canto remoto da tela, ele ficará fora do foco imediato de V1 e do córtex pré-frontal, atrasando mecanicamente a ação — exatamente o que a Lei de Fitts expressa: tempo de aquisição de um alvo é função da distância e do tamanho (figura 9).

Figura 9: Exemplos da Lei de Fitts aplicadas ao design de interface de forma negativa à esquerda e positiva à direita.



Fonte: NNGroup (<https://www.nngroup.com/articles/fitts-law/>, acessado em julho de 2025)

Na prática, ampliar as zonas clicáveis ou aproximar elementos críticos do centro do campo visual respeita esse “filtro energético” do córtex visual e reduz a carga sobre a memória de trabalho. Quando forçamos saltos atencionais sucessivos — isto é, se o alvo estiver distante no espaço cognitivo —, a ação torna-se mais lenta e sujeita a erros, como podemos ver na Figura X, onde à esquerda o botão “Save” está muito distante do último componente interativo do formulário, quanto à direita vemos que o botão de ação está logo após a última interação do usuário.

Portanto, botões maiores, bem contrastados e posicionados próximo ao olhar inicial do usuário não são meros “truques”, mas adaptações diretas à nossa neurofisiologia de interação, simplificando a mudança atencional e poupando recursos de memória de trabalho.

3.3.1.2. Lei de Hick-Hyman

“O tempo necessário para tomar uma decisão aumenta com o número e a complexidade das escolhas disponíveis.” (HICK, 1952; HYMAN, 1953)

Na seção Memória de Trabalho (3.2.2.2) vimos que a capacidade de retenção consciente é limitada. A Lei de Hick-Hyman nos ensina que, ao apresentar muitas opções simultâneas, fazemos o tempo de decisão crescer consideravelmente, pois cada alternativa equivale a uma “unidade cognitiva” extra que o córtex pré-frontal e o hipocampo precisam processar.

Figura 10: Página do Google com o mínimo de tomada de decisões



Fonte: Google (<https://google.com>, acessado em julho de 2025)

Imagine uma barra de navegação com doze itens. Para processar essa quantidade, o usuário depende de heurísticas visuais — muitas vezes automáticas — para agrupar opções. Se ignorarmos essa sobrecarga e apresentarmos todas as escolhas de uma vez, o esforço mental multiplicará e pode levar a abandono. Em contraste, observemos a página inicial do Google (figura 10), onde a interação de busca e objetivamente a única decisão a ser tomada, polpando recursos cognitivos do usuário.

Dividir a navegação em etapas (“Selecionar categoria → Filtrar → Confirmar”) reduz o número de opções simultâneas e respeita a quantidade máxima de “chunks” que a memória de trabalho suporta.

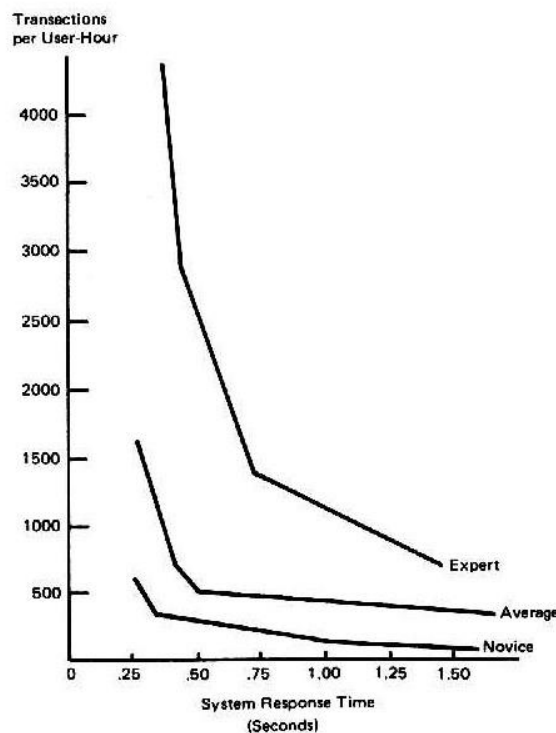
3.3.1.3. Limiar de Doherty (400ms)

“A produtividade aumenta quando um computador e seus usuários interagem num ritmo menor que 400 milissegundos.” (DOHERTY; SORRELL, 1982)

Como descrito em “Dimensões básicas: valência e excitação, 3.2.3.1, níveis elevados de cortisol geram “sequestros emocionais” que afetam a memória de trabalho. Doherty observou que, se o sistema responde em menos de 400ms, a interação parece contínua e fluida, mantendo o usuário em estado de “fluxo”. Se a resposta demora mais, a amígdala detecta frustração mesmo antes de o córtex pré-frontal analisar o atraso, criando micro estressores.

Para respeitar esse limiar, devemos projetar feedback instantâneo sempre que possível: animações de carregamento curtas, indicadores de progresso que sinalizem estados intermediários e confirmações visuais ou sonoras em menos de 350 ms. No gráfico a seguir, elaborado pela Divisão de Produtividade de Sistemas da IBM e divulgado em um paper de 1982 demonstra que o número de ações aumenta drasticamente quando um sistema responde em menos de 400ms (figura 11).

Figura 11: Número de transações (interações) em comparação com o tempo de resposta do sistema



Fonte: Jim Elliott Blog – The Economic Value of Rapid Response Time

(<https://jlelliotton.blogspot.com/p/the-economic-value-of-rapid-response.html>, acessado em julho de 2025)

Ao alinhar cada clique ao ritmo biológico herdado do cérebro reptiliano, garantimos que a interação seja percebida como um fluxo contínuo, sem rupturas que acionem respostas de estresse.

3.3.1.4. Teoria da Carga Cognitiva

“A carga cognitiva refere-se à quantidade de recursos mentais exigidos de um indivíduo para processar informações.” (SWELLER, 1988)

A soma de estímulos sensoriais, memória de trabalho e estresse emocional define o esforço mental total. Um formulário com cores berrantes, validações confusas e instruções textuais excessivas sobrecarrega o córtex pré-frontal e dispara cortisol, prejudicando tanto a retenção de informação quanto o estado emocional do usuário.

Para minimizar isso, deveremos hierarquizar conteúdos, usar cores suaves e contrastes moderados, limitar simultaneidade de elementos e fornecer feedback claro e respeitoso (figura 12). Esses cuidados atuam como “escudo cognitivo”, reduzindo picos de cortisol e aliviando a pressão sobre a memória de trabalho.

figura 12: Exemplo de respeito à carga cognitiva na construção de interfaces



Fonte: @Victoruxui (www.instagram.com/victoruxui, acessado em julho de 2025)

3.3.1.5. Lei de Miller

“O número mágico sete, mais ou menos dois: alguns limites na nossa capacidade de processar informações.” (MILLER, 1956)

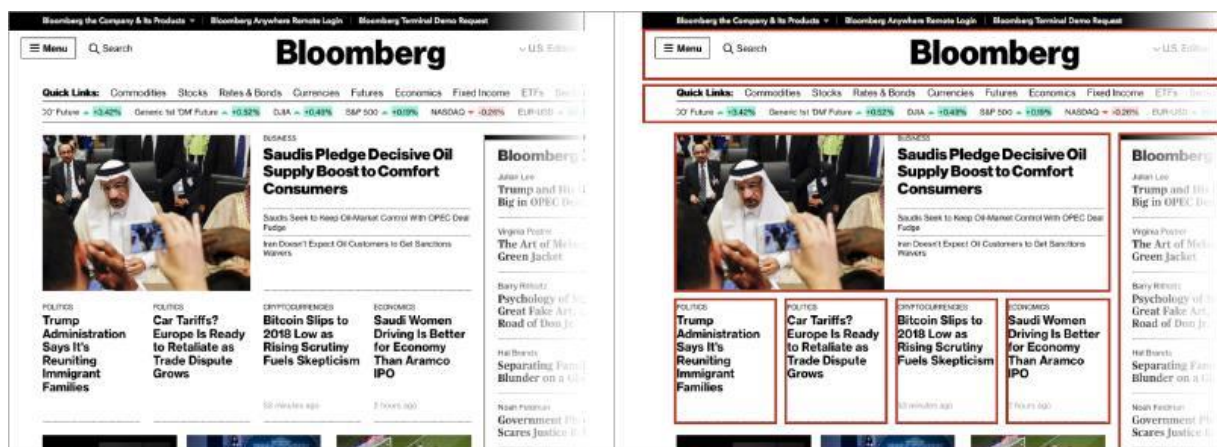
Sem estratégias de agrupamento, a memória de trabalho retém cerca de quatro itens — não sete. Portanto, “sete mais ou menos dois” é apenas um guia; o limite real depende da complexidade de cada item e do quão eficientemente o usuário pode agrupá-los.

Quando expomos o usuário a cinco campos de formulário ou doze botões sem informar sua relação, pulverizamos o canal de atenção. Cada unidade adicional exige que o hipocampo recupere uma memória de referência, consumindo tempo precioso.

Ao segmentar tarefas em blocos (ou Chunks, como chama a psicologia cognitiva) de, no máximo, sete unidades organizacionais de memória e usar agrupamentos visuais claros, mantemos a carga cognitiva dentro do limite seguro, evitando exaustão mental e aumentando a fluidez da interação.

No site exibido abaixo (figura 13), vemos um site com muitas informações sendo exibidas ao mesmo tempo, porém segmentadas em seções que contrastam entre si visualmente, facilitando a compreensão visual, consequentemente, otimizando a sobrecarga mental do leitor.

Figura 13: Chunks na prática – Informações distribuídas em seções com diagramações diferentes a fim de facilitar suas distinções



Fonte: Laws of Ux (<https://lawsofux.com/millers-law/>, acessado em julho de 2025)

3.3.1.6. *Lei de Tesler*

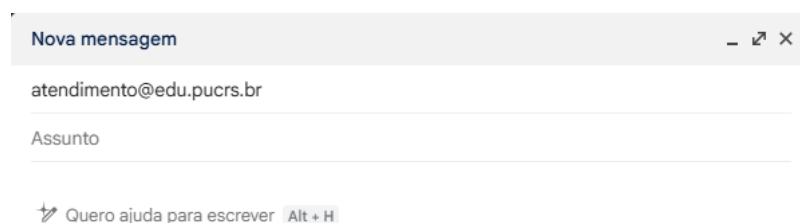
“Para qualquer sistema, existe um certo nível de complexidade que não pode ser reduzido; ele somente pode ser movido entre o usuário e o desenvolvedor.” (TESLER, 1984)

O córtex pré-frontal não consegue processar diversas variáveis de um só vez sem estrangulamento. A Lei de Tesler — ou “Conservação da Complexidade” — nos lembra que cada sistema tem um “núcleo de complexidade” que não pode ser eliminado, apenas deslocado.

Por exemplo, em um dashboard financeiro, exibir todos os cálculos detalhados diretamente na tela obriga o usuário a carregar cada fórmula na memória de trabalho, disparando a amígdala (seção Resposta Emocional, 3.2.3) toda vez que sentir confusão. Ao invés disso, podemos abstrair essa complexidade em algoritmos de suporte (seção Carga Cognitiva, 3.3.1.4), mostrando ao usuário apenas os resultados-chave e fornecendo explicações em tooltips ou seções expansíveis, de modo que ele não precise reter todas as informações simultaneamente.

Um exemplo prático e cotidiano desta lei aplicada são a maioria dos sistemas de envio de email. No exemplo do Gmail (figura 14), fica nítido que para que ele funcione são necessárias complexidades mínimas, como um campo para inserir o e-mail do destinatário, um assunto e um corpo da mensagem. Tais complexidades não podem ser removidas, ainda que com inteligência artificial isso seja possível em alguns casos.

figura 14: A complexidade mínima necessária no envio de um e-mail



Fonte: Gmail (<https://mail.google.com>, acessado em julho de 2025)

3.3.1.7. *Lei de Parkinson*

“Qualquer tarefa se expande de modo a contratar todo o tempo disponível para a sua realização.” (PARKINSON, 1955)

Parkinson disse que “todo trabalho se expande para preencher o tempo disponível”. Neurologicamente, episódios prolongados de indecisão elevam cortisol, que, em níveis elevados, interage com o hipocampo e com o córtex pré-frontal, comprometendo a memória de trabalho (3.2.2.2) e criando “sequestros emocionais” que atrasam ou travam a interação.

Ao inserir prazos ou metas intermediárias — como contadores regressivos para “ofertas relâmpago” ou dicas de urgência (“A promoção termina em 05:00”) (figura 15) —, fornecemos gatilhos temporais que recrutam redes frontoparietais de ação e inibem ruminação. Isso mantém o usuário engajado num estado de leve excitação construtiva, poupando energia mental para concluir a tarefa.

figura 15: contador regressivo de oferta no topo da página (primeira dobra)



Fonte: Know Band (<https://www.knowband.com/blog>, acessado em julho de 2025)

3.3.2. *Leis da Percepção Visual e Organização (Gestalt)*

Após a triagem inicial feita pela retina, tálamo e pela área V1, a informação visual bruta — que até então é um mosaico de pontos, contrastes e direções — começa a ser organizada em algo que faça sentido. É nessa etapa que o cérebro

deixa de apenas ver para começar a interpretar. A área V2, por exemplo, expande o trabalho da V1 integrando bordas, contornos e padrões espaciais. Ela funciona como uma oficina de montagem visual: agrupa formas semelhantes, separa figura e fundo e inicia o reconhecimento de relações.

Essa organização não é arbitrária. Ela segue padrões que foram descritos pela psicologia da Gestalt no início do século XX e que a neurociência hoje confirma como atalhos eficientes para economizar energia e tempo no processamento. Proximidade, similaridade, continuidade, fechamento, simetria — todas essas chamadas “leis” não são regras impostas ao design, mas reflexos diretos da maneira como nosso cérebro resolve o quebra-cabeça visual.

Esses princípios emergem da interação entre as áreas visuais primárias e secundárias e redes de atenção e memória. Quando olhamos para uma tela, não processamos cada pixel: nosso cérebro agrupa, completa, ignora ou antecipa com base em padrões aprendidos. Por isso, a harmonia visual não é só estética — ela alivia a carga cognitiva. Um design que respeita essas leis comunica mais com menos.

3.3.2.1. *Lei da Proximidade*

“Objetos que estão próximos entre si tendem a ser percebidos como fazendo parte de um mesmo grupo.” (KOFFKA, 1935)

A Lei da Proximidade afirma que objetos próximos tendem a ser agrupados instantaneamente pelo córtex visual, indo ao encontro do conceito de agrupamento visto na Lei de Miller (3.3.1.6). Em verdade, o grupamento por proximidade é tão poderosa que se sobressai à semelhança de formas ou cores, como podemos perceber na figura 16 a seguir.

figura 16: a importância da proximidade em relação ao grupamento por semelhança



Fonte: Uxcam (<https://uxcam.com/br/blog/principios-de-gestalt/>, acessado em julho de 2025)

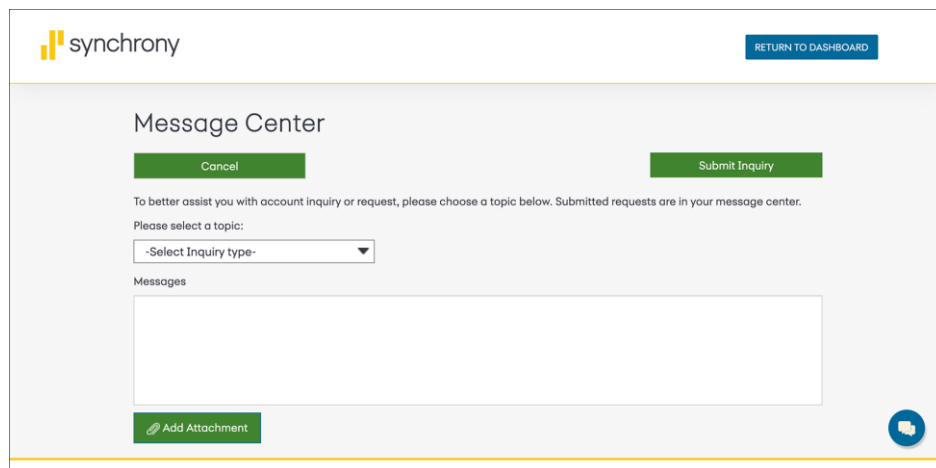
Se colocarmos um ícone de busca a quase dois centímetros do campo de texto e um botão de filtro a uma distância maior, o usuário levará mais tempo para visual e mentalmente conectar ambos, aumentando saltos atencionais. Em contrapartida, posicionar filtros e barra de busca próximos dentro de um contêiner delimitado faz com que V1 interprete o conjunto como uma unidade, criando agrupamento instantâneo e poupando energia cognitiva.

3.3.2.2. *Lei da Similaridade*

“O olho humano tende a perceber elementos semelhantes (em cor, forma ou textura) como parte de um mesmo grupo, mesmo que estejam separados.” (KOFFKA, 1935)

As colunas neuronais em V1 respondem preferencialmente a orientações ou tonalidades semelhantes. Ao aplicar esta lei, agrupamos elementos que partilham cor, forma ou textura para que sejam percebidos como um conjunto (figura 17).

Figura 17: Similaridades criam grupamentos de categorias (botões), ainda que estejam distantes.



Fonte: NNGroup (<https://www.nngroup.com/articles/gestalt-similarity/>, acessado em julho de 2025)

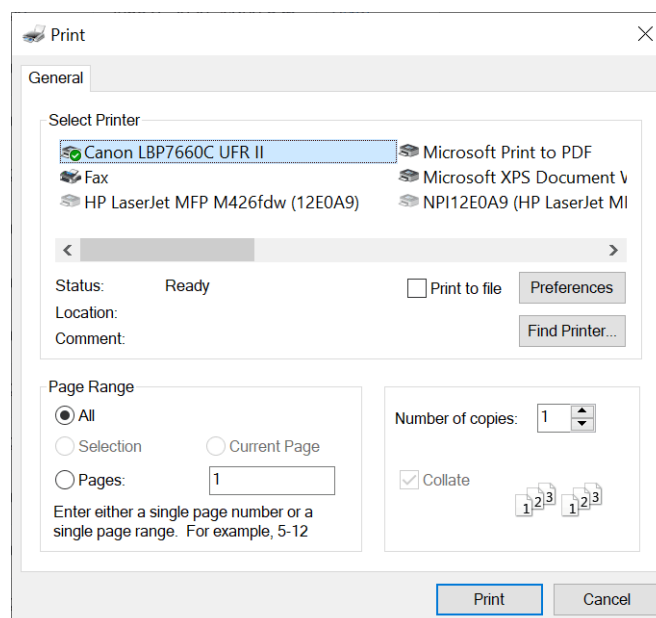
Por exemplo, se quisermos que os botões “Salvar” e “Enviar” sejam vistos como ações do mesmo nível, podemos usar tonalidades semelhantes ou ícones com bordas idênticas. Isso faz com que V1 e V2 disparem em sincronia para essas regiões e o córtex pré-frontal categorize-as rapidamente como pertencentes ao mesmo “time funcional”.

3.3.2.3. *Lei da Região Comum*

“Elementos tendem a ser percebidos em grupos se compartilharem uma área delimitada visivelmente.” (PALMER, 1992)

As colunas de neurônios em V1 sincronizam-se quando áreas contíguas da retina são estimuladas de modo semelhante. A Lei da Região Comum aproveita esse princípio ao agrupar elementos relacionados dentro de uma área delimitada por bordas, cores de fundo ou sombreamento suave (figura 18).

Figura 18: Exemplo do uso da lei da região comum no agrupamento de componentes de sistema, delimitados por cores de fundo diferentes e linhas de borda.



Fonte: NNGroup (<https://www.nngroup.com/articles/common-region/>, acessado em julho de 2025)

Por exemplo, num e-commerce, colocar opções de “Frete” e “Formas de Pagamento” dentro de um mesmo bloco sombreado sinaliza ao córtex visual que tudo ali constitui um grupo coerente. Isso reduz a necessidade de múltiplos saltos atencionais e acelera a identificação do que é relevante naquele contexto, poupando energia mental e agilizando a tomada de decisão.

3.3.2.4. *Lei da Conectividade Uniforme*

“As pessoas tendem a perceber elementos conectados por linhas ou formas contínuas como parte de um mesmo grupo.” (WERTHEIMER, 1923)

A Lei da Conectividade Uniforme reforça que elementos ligados por linhas, curvas, caminhos visuais claros e alinhamentos são percebidos como pertencentes ao mesmo grupo funcional.

Por exemplo, em um formulário, conectar campos relacionados por linhas sutis ou agrupá-los em um fluxo visual contínuo (como uma linha do tempo) facilita a compreensão da sequência e reduz a carga cognitiva. Isso alivia a memória de trabalho (4.2.2) ao sinalizar ao cérebro que os elementos formam uma unidade coerente.

Outro bom exemplo são e-commerces que utilizam recursos gráficos e de hierarquias visuais para deixar óbvios que elementos estão conectados como um mesmo grupo ou categoria de produtos (figura 19)

figura 19: Uso de alinhamento, formas similares e hierarquias visuais semelhantes formando um grupamento



Fonte: User Testing (<https://www.usertesting.com/blog/gestalt-principles>, acessado em julho de 2025)

3.3.2.5. Lei da Prägnanz

“As pessoas perceberão e interpretarão imagens ambíguas ou complexas na forma mais simples possível.” (KOFFKA, 1935)

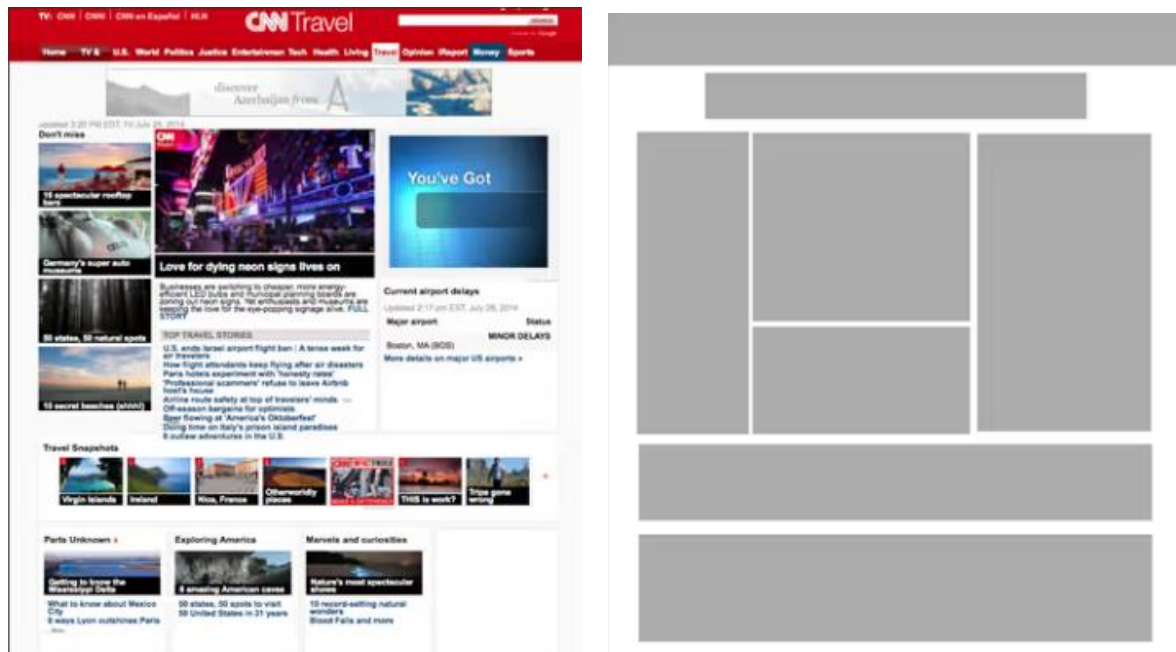
Como observado anteriormente, o córtex visual simplifica automaticamente formas complexas em silhuetas reconhecíveis, agrupando pixels em padrões coerentes. A Lei de Prägnanz (ou “boa forma”) afirma que nosso cérebro tende a interpretar estímulos ambíguos ou complexos da maneira mais simples possível, pois isso exige menos esforço cognitivo.

Se fragmentarmos uma interface com cores conflitantes, hierarquias de texto confusas e campos dispersos, obrigamos o usuário a sobrecarregar V1 e V2 na busca

por contornos e agrupamentos, atrasando o processamento no córtex pré-frontal. Em contraste, ao aplicar Prägnanz — criando layouts com hierarquia lógica, áreas de texto bem delimitadas e contrastes equilibrados — facilitamos a organização perceptual, economizando energia mental e acelerando a consolidação de memórias.

Para uma forma de experimentar este princípio no design de interfaces é fazer uma simplificação visual do artefato que está sendo desenvolvido, muito similar a um wireframe (figura 20). Esta prática permite ao designer estudar se o site ou aplicativo em construção comunica de forma objetivo e coerente sua estrutura hierárquica sem o apoio semântico.

figura 20: Simplificação de interface para avaliação da boa forma



Fonte: Interaction Design Foundation (<https://www.interaction-design.org/literature/article/the-laws-of-figure-ground-praegnanz-closure-and-common-fate-gestalt-principles-3>, acessado em julho de 2025)

3.3.2.6. Viés da Saliência

“As pessoas tendem a focar em itens ou informações que são mais proeminentes e ignorar aquelas que são menos destacadas.” (CHABRIS; SIMONS, 2010, p. 32)

O viés da saliência descreve a tendência automática do cérebro em priorizar estímulos perceptivamente destacados — como cores vibrantes, movimento, contraste ou novidade. Esses estímulos ativam rapidamente o sistema de atenção

exógena, envolvendo o colículo superior, o córtex parietal posterior e regiões do sistema límbico ligadas à detecção de relevância. A evolução moldou esses circuitos para reagirmos a sons repentinos ou formas inesperadas no ambiente — um mecanismo que hoje se traduz na nossa atração por notificações piscantes e banners coloridos.

No design de interfaces, esse viés pode ser um aliado ou um sabotador. Usado com intenção, ajuda a destacar elementos-chave como mensagens de erro ou chamadas para ação. Mas quando tudo grita por atenção, o cérebro entra em colapso seletivo. O designer eficaz domina a arte de usar a saliência com parcimônia, estabelecendo hierarquias visuais claras e respeitando a limitação atencional do usuário.

Um caso divertido e didático deste princípio em ação aconteceu nos banheiros de um aeroporto em Amsterdã. Para diminuir a sujeira constante nos mictórios do banheiro masculino, foi utilizado um adesivo em formato de mosca (figura 21) que se sobressaia ao contexto do ambiente e “sugeriu” um local apropriado para a mira dos apertados.

figura 21: Adesivo de mosca se sobressai para chamar atenção e induzir comportamento adequado



Fonte: Ux Mag (<https://uxmag.com/articles/salience-the-psychology-of-an-experience-you-cant-ignore>, acessado em julho de 2025)

3.3.2.7. *Ilusão de Agrupamento*

“As pessoas tendem a perceber padrões significativos em sequências aleatórias de dados.” (TVERKSY; KAHNEMAN, 1971, p. 106)

Esse viés é uma falha na intuição estatística: vemos significados onde há apenas coincidência. O cérebro é programado para buscar ordem no caos — um mecanismo evolutivo útil para identificar predadores ou oportunidades, mas que leva a erros quando confrontado com aleatoriedade verdadeira. A ilusão ativa o córtex temporal medial e redes visuais de detecção de padrões.

Quando olhamos para nuvens – cujas formações são naturalmente caóticas – por vezes conseguimos projetar sentido e encontrar semelhança com formas reconhecíveis por nós (figura 22).

figura 22: Quack!



Fonte: The Telegraph UK

(<https://www.telegraph.co.uk/news/picturegalleries/howaboutthat/10221326/Clouds-that-look-like-things.html>,
acessado em julho de 2025)

No design de dashboards, gráficos ou informações complexas, esse viés pode induzir o usuário a interpretar correlações inexistentes como causais. O designer precisa ajudar a contextualizar os dados, evitar visualizações enganosas e oferecer ferramentas de interpretação que respeitem os limites cognitivos da inferência humana.

Vale ressaltar também que o processo de design está sujeito a todo tipo de viés, incluindo a ilusão de agrupamento. Quando designers realizam um processo de exploração de problemas em busca de soluções, devem estar atentos a este viés para não cair em falhas catastróficas no longo prazo. Por esta razão é importante que profissionais não busquem apenas dados e sinais que corroborem com seus achados iniciais, mas também por qualquer informação que possa refutá-los a qualquer momento. Caso contrário, toda nuvem será um pato.

3.3.2.8. *Lei da Legibilidade*

“Os caracteres de texto devem ter tamanho, estilo e contraste suficientes para que possam ser lidos com mínimo esforço.” (DYSON; HASSELL, 2004)

Vimos que V1 separa estímulos por orientações e tonalidades, enquanto áreas do córtex temporal transformam traços em símbolos. Quando usamos fontes muito pequenas, cores com baixo contraste ou espaçamento insuficiente, destruimos a ponte neural entre estímulo visual e interpretação semântica.

Além disso, textos mal legíveis disparam micro estressores na amígdala (3.2.3), comprometendo a retenção no hipocampo (3.2.2). Para que cada palavra seja assimilada eficientemente, cuide de contraste, tamanho da fonte, tipo familiar e espaçamento adequado entre linhas e caracteres, de modo que a leitura ocorra sem exigir esforço cognitivo extra.

É importante que designers também levem em consideração qual é o contexto da leitura: suporte utilizado, local de leitura (claro, escuro), se o usuário possui dificuldades de leitura devido à problemas oculares, idade etc.

Por exemplo, num contexto digital, estudos de tipografia sugerem que o uso de fontes sem serifa são mais adequados (figura 23), pois facilitam a distinção dos caracteres utilizados, em especial para tamanhos reduzidos.

figura 23: Comparação de legibilidade de fontes com e sem serifa no contexto digital

Sem serifa

(exemplos: Arial, Verdana, Tahoma, Helvetica)

Com serifa

(exemplos: Times New Roman, Cambria, Georgia, Book Antiqua)

Fonte: Instituto Federal do Rio de Janeiro (<https://cta.ifrs.edu.br/tipos-de-fonte-e-acessibilidade-digital/>, acessado em julho de 2025)

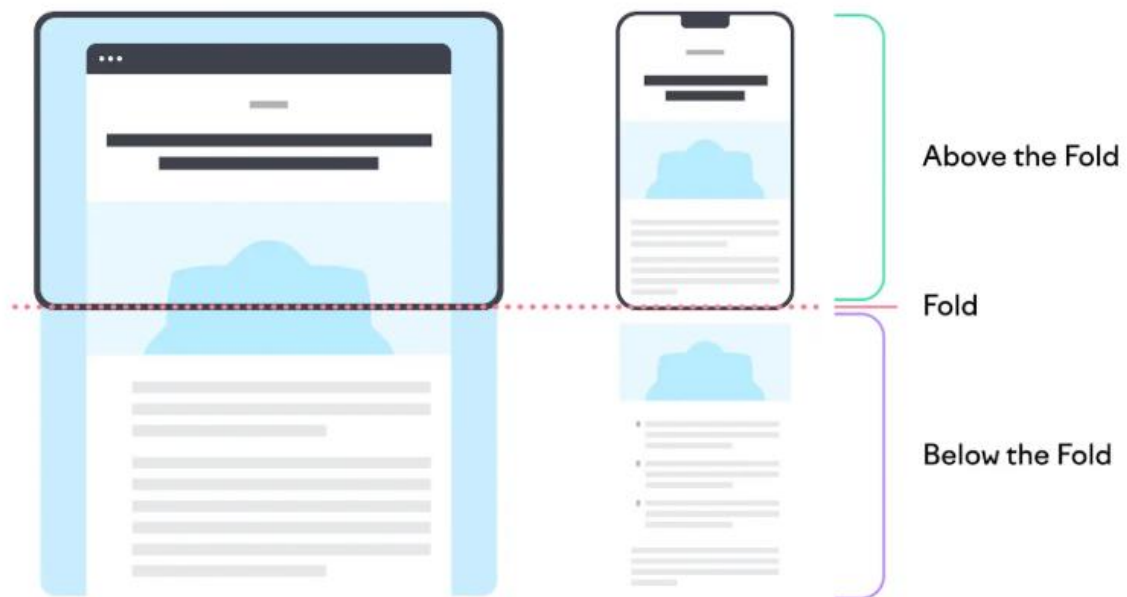
3.3.2.9. *Lei da Visibilidade*

“Os objetos necessários devem ser visíveis sem esforço para que os usuários possam tomar decisões imediatamente.” (NIELSEN, 1995)

O córtex pré-frontal aceita apenas um foco consciente de cada vez. Se um elemento essencial estiver escondido — por exemplo, um botão “Enviar” no rodapé sem indicação clara —, o usuário precisará “vasculhar” a tela, ativando repetidamente o filtro de V1 e consumindo tempo e energia.

Tornar cada função essencial visível assim que o usuário entra na tela (figura 24) reduz saltos atencionais e evita frustração. Se algo for secundário, podemos agrupar em menus expansíveis ou usar ícones de menor contraste, respeitando a prioridade do foco consciente.

figura 24: O conceito de primeira dobra no design de interfaces



Fonte: Sem Rush (<https://pt.semrush.com/blog/conteudo-above-the-fold/>, acessado em julho de 2025)

3.3.2.10. Navalha de Occam

“A melhor solução é aquela que apresenta a menor quantidade de premissas possíveis.” (OCKHAM, séc. XIV)

Cada camada extra de decisão e informação pulveriza a memória de trabalho e dispara ansiedade no sistema límbico, criando “sequestros emocionais”. A Navalha de Occam aconselha escolher a solução mais simples que cumpra a mesma função.

Por exemplo, num formulário de cadastro, em vez de perguntar “Qual é o seu nível de escolaridade? (1) Ensino Fundamental (2) Ensino Médio (3) Graduação (4) Pós-Graduação (5) Outro” de uma só vez, podemos perguntar em dois passos: primeiro “Você concluiu o Ensino Médio?” (Sim/Não) e, só em seguida, oferecer as opções restantes. Essa divisão em etapas limita a quantidade de itens simultâneos (Lei de Hick-Hyman 3.3.1.2) e alivia a intenção cognitiva.

Quando olhamos para o sucesso da marca Apple, além de ser possível atribuí-lo ao uso consciente do viés de Usabilidade Estética (3.3.3.1), podemos supor que o uso da navalha de Occam é levado ao extremo, com design minimalista outrora restrito a o uso de um único botão de ação principal em seus aparelhos (figura 25).

Figura 25: Antigos dispositivos Apple com design minimalista usabilidade que se restringe a um único botão.



Fonte: Web Designer Depot (<https://webdesignerdepot.com/occams-razor-a-great-principle-for-designers/>, acessado em julho de 2025).

3.3.3. Leis da Emoção e Estética

Relacionadas à ativação do sistema límbico e circuitos de recompensa como o núcleo accumbens, essas leis explicam como as emoções afetam nossa interação com produtos digitais e influenciam a percepção de usabilidade.

3.3.3.1. Efeito da Usabilidade Estética

“Usuários frequentemente percebem design esteticamente agradável como design mais utilizável.” (KUROSU; KASHIMURA, 1995)

Na parte que trata de Emoção e Estética (3.2.3) vimos que paletas harmoniosas, tipografia bem calibrada e micro animações fluidas ativam circuitos de recompensa no núcleo accumbens, gerando prazer imediato. Esse “prazer visual” pode compensar pequenos problemas de funcionalidade. Assim, um design esteticamente agradável é percebido como mais utilizável, mesmo que ineficiências menores persistam, como é possível observar claramente no Magic Mouse da Apple (figura 26), cuja percepção estética agradável do produto acaba por minimizar uma falha grave de usabilidade, já que não é possível utilizá-lo enquanto é recarregado.

Quando o usuário vê uma interface atraente, a amígdala associa a estética a sensações positivas, gerando dopamina e suavizando o impacto de eventuais falhas. No entanto, esse benefício tem limite: se um botão essencial estiver escondido, o choque entre expectativa estética e frustração funcional reforça a memória negativa. Portanto, a estética deve andar lado a lado com uma base comportamental sólida, garantindo que cada elemento visual reflita coerência funcional.

figura 26: Notório caso do Magic Mouse da Apple, cujo problema de usabilidade é mascarado por uma estética agradável.



Fonte: 9to5Mac (<https://9to5mac.com/2024/10/28/usb-c-magic-mouse-charging-port-bottom/>, acessado em julho/2025)

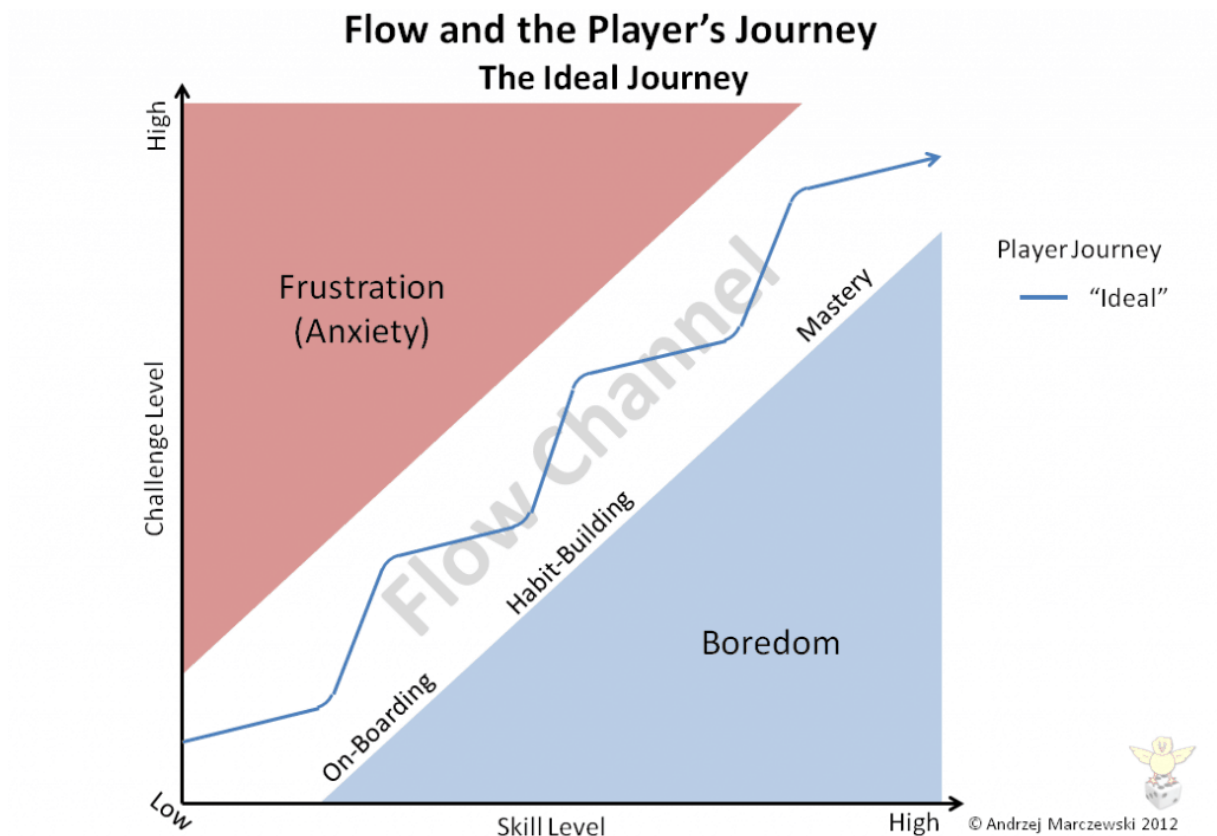
Além disso, com este conhecimento, designers podem optar por não refinarem esteticamente fluxos de navegações e telas enquanto testam seus achados, para que a aparência bem resolvida não interfira em testes de usabilidade ou de conceito. O mesmo pode ser aplicado para apresentações internas, onde a beleza de slides pode mascarar erros e fazer com líderes e gestores tomem decisões erradas.

3.3.3.2. *Estado de Flow*

“O estado mental em que uma pessoa realizando alguma atividade está totalmente imersa em um sentimento de foco energizado, envolvimento total e prazer no processo da atividade.” (Mihaly Csikszentmihalyi, 1990)

O estado de Flow, ou “fluxo”, é um efeito-chave utilizado no design de jogos e ocorre quando existe um equilíbrio ideal entre o nível de desafio de uma tarefa e as habilidades do usuário (figura 27). Esse estado de imersão ativa intensamente o córtex pré-frontal, responsável pela atenção focada e pela gestão do controle cognitivo, e o sistema dopaminérgico, ligado à recompensa e ao prazer intrínseco.

figura 27: O equilíbrio entre desafio proposto e a habilidade do usuário buscado pelo designer



Fonte: Gamified UX (<https://www.gamified.uk/2012/11/30/flow-and-satisfaction/>, acessado em julho de 2025)

No design de interfaces, o estado de Flow é promovido por meio de tarefas claramente definidas, desafios progressivos, feedback imediato e ausência de distrações. Um usuário em Flow sente-se no controle da situação, o que reduz a ansiedade e potencializa a sensação de satisfação com a experiência. Por exemplo, em uma plataforma de aprendizado digital, níveis progressivos e desafios equilibrados ajudam o usuário a se manter engajado e profundamente conectado ao conteúdo, potencializando a retenção da informação.

Contudo, manter esse equilíbrio é fundamental: uma tarefa muito fácil resulta em tédio, enquanto uma tarefa excessivamente difícil gera frustração. Portanto, designers precisam garantir uma progressão coerente e gradual da complexidade das atividades. Ao projetar fluxos de navegação, tarefas interativas e experiências digitais, é crucial permitir ao usuário entrar e permanecer nesse estado psicológico ideal, facilitando uma experiência significativa, envolvente e emocionalmente recompensadora.

3.3.3.3. *Efeito Zeigarnik*

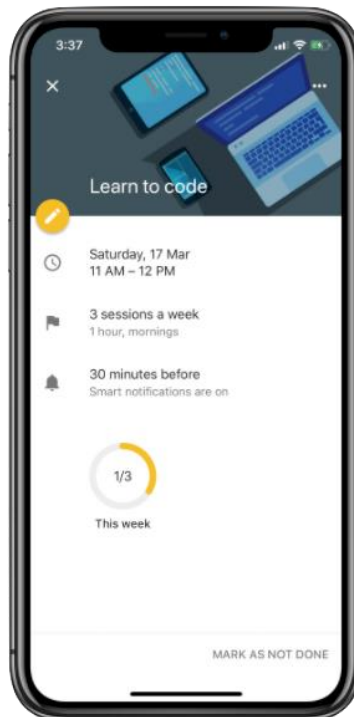
“Tarefas não concluídas ou interrompidas são lembradas com maior facilidade do que tarefas concluídas.” (Zeigarnik, 1927)

Revisitando Memória de Trabalho (3.2.2.2) e Emoções (3.2.3), sabemos que tarefas incompletas geram tensão ativa na memória de trabalho e mantêm a amígdala em alerta. Zeigarnik observou que lembramos melhor de tarefas interrompidas do que das concluídas, pois nosso cérebro mantém “aberto” o processamento mental até um registro final de conclusão.

Se abandonamos o usuário num fluxo de compra sem sinalizar “etapa concluída”, mantemos esse nível de tensão cognitiva e emocional, prejudicando sua experiência. Em vez disso, inserir um indicador claro de “2 de 3 etapas completas” ou um micro feedback ao final de cada passo fornece ao hipocampo o “sinal de encerramento” necessário para liberar energia cognitiva e reduzir o estresse.

Também é possível usar esta retenção de memória para manter o usuário engajado com algo. Aplicativos de criação de hábitos podem utilizar contadores de etapas (steppers) para informar a evolução e conclusão de algo, mas também para manter aberta a necessidade da ação na memória de seus usuários (figura 28).

figura 28: Exemplo de contador de progresso integrado ao Google Agenda



Fonte: Ux Collective (<https://uxdesign.cc/psychology-in-design-the-zeigarnik-effect-a59317503f8f>, acessado em julho de 2025)

Ou, quem sabe, num fluxo de aquisição de um curso, automaticamente avançar o usuário de uma etapa ficcional pré-jornada chamada “Passo 1: Buscando Cursos”, para a primeira etapa verdadeira intitulada “Passo 2: Escolhendo Turma”, com isso deixando a tarefa automaticamente inacabada.

3.3.3.4. *Viés da Negatividade*

“Eventos negativos têm maior impacto psicológico do que eventos positivos de mesma intensidade.” (BAUMEISTER et al., 2001, p. 323)

O viés da negatividade revela a sensibilidade desproporcional do cérebro a estímulos aversivos. A amígdala — estrutura-chave no processamento emocional — responde mais intensamente a eventos negativos do que positivos, ativando mecanismos de sobrevivência como o congelamento, a fuga ou a hipervigilância. Essa assimetria emocional também influencia a memória: experiências negativas são mais facilmente consolidadas e lembradas do que as neutras ou agradáveis. No contexto do design, isso significa que uma experiência frustrante (por exemplo, um erro de sistema mal comunicado) pode anular diversos pontos positivos acumulados.

O cuidado com micro interações, feedbacks de erro e estados vazios deve ser redobrado. Um bom design não apenas promove o prazer, mas principalmente protege o usuário do desconforto — pois o negativo pesa mais do que o positivo. O que não impede que empresas brinquem com esse viés a fim de gerar experiências memoráveis, como é o caso do Duolingo, empresa de cursos de idiomas que se posicional com feedbacks escrachadamente negativos – e divertidos – para influenciar seus usuários a estudar (figura 29).

figura 29: Memes da coruja Duo, mascote do Duolingo, ameaçando fisicamente quem não pratica idiomas ficaram famosos na internet

The duolingo bird when
you haven't practiced in 2 days



Fonte: YouTube - Memenade (<https://www.youtube.com/watch?v=t3MgFwcfLM>, acessado em julho de 2025)

3.3.3.5. Desconto Temporal

“Recompensas futuras são percebidas como menos valiosas do que recompensas imediatas, mesmo quando objetivamente maiores.” (AINSLIE, 1975, p. 463)

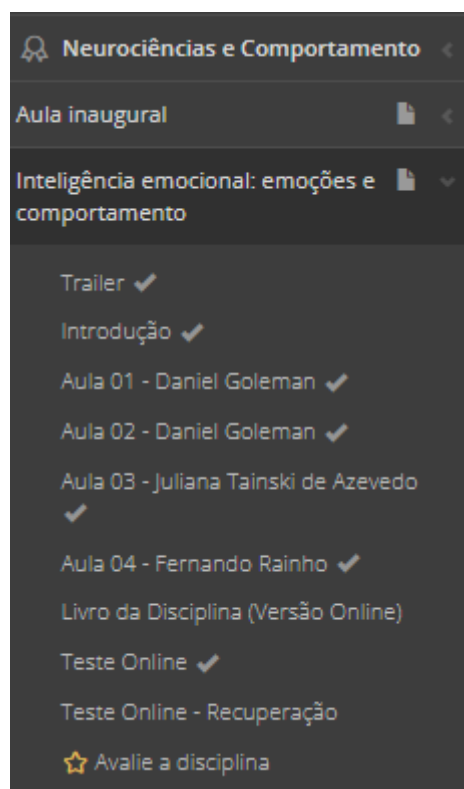
O viés do desconto temporal reflete a preferência humana por gratificações instantâneas. Essa tendência é explicada pela ativação diferencial do córtex pré-frontal dorsolateral (associado à autorregulação) e do sistema límbico (recompensa

imediata). A longo prazo, essa assimetria de valor impacta a motivação e o engajamento contínuo com tarefas prolongadas.

Na prática do design, esse viés explica por que usuários evitam longos tutoriais ou configurações iniciais — mesmo que tragam benefícios futuros. Sistemas bem desenhados oferecem micro vitórias, gamificando a jornada dos usuários: recompensas parciais, confirmações rápidas, ou feedbacks positivos que reforçam o progresso. Ignorar essa lógica cognitiva resulta em abandono precoce ou rejeição do produto.

O que este viés nos ensina é que, se desejamos que usuários sigam engajados com algo cujo valor pode demorar a ser percebido – como um curso, por exemplo –, faz-se necessário quebrar a experiência em pedaços menores – módulos, seções, conhecimentos específicos –, para que o usuário perceba um pouco de valor de forma constante (figura 30).

figura 30: exemplo de organização de aulas exibidas no curso de Neurociências e Comportamento da PUC-RS



Fonte: Plataforma EAD Puc-RS (acessada em julho de 2025)

3.3.4. Leis da Memória e Decisão

Apoiam-se nas estruturas do hipocampo, córtex pré-frontal e amígdala. Explicam como a memória de trabalho, memória de longo prazo e carga cognitiva afetam o processo de escolha e aprendizado.

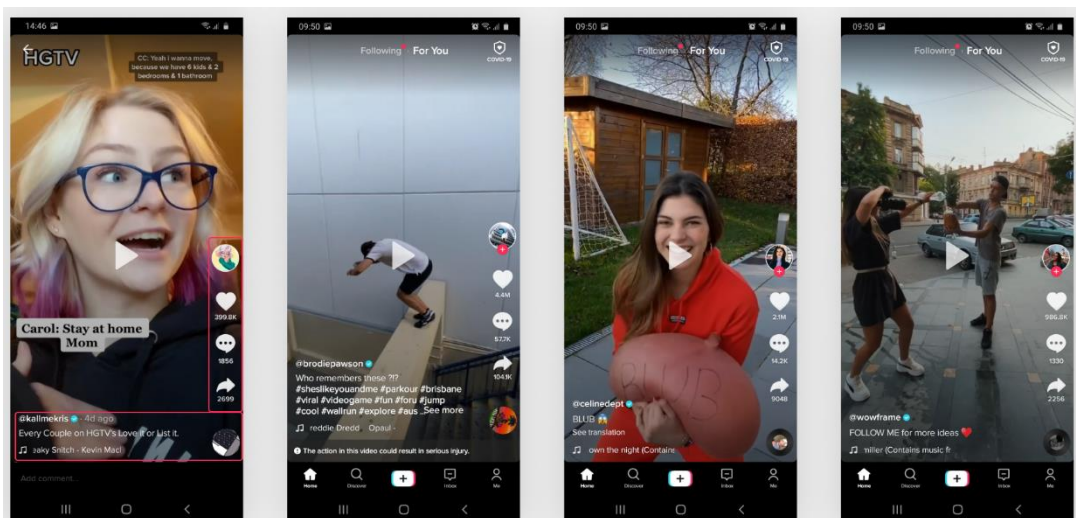
3.3.4.1. Lei de Jakob

“Os usuários passam a maior parte do tempo em outros sites. Isso significa que eles preferem que seu site funcione da mesma maneira que todos os outros sites que já conhecem.” (Nielsen, 2000)

Nossas redes de neurônios-espelho e de mentalização permitem construir modelos mentais de ambientes com base em experiências anteriores que vivenciamos e estão embutidas em nossas memórias. Jakob Nielsen aperfeiçoou essa ideia ao afirmar que “os usuários passam a maior parte do tempo em outros sites; eles esperam que o seu funcione da mesma maneira que já conhecem”.

Esta lei apenas reforça ainda mais a extrema importância para designers de todos os tipos compreenderem os hábitos e modelos mentais de seus usuários. Supondo que seus usuários sejam usuários de mídias sociais (figura 31), é muito provável que estejam acostumados com os padrões empregados por elas. Sendo assim, o designer deve ser hábil em utilizar os mesmos padrões, ou quebrá-los de forma bastante intencional.

figura 31: Redes sociais com milhões de usuários ditam padrões de gestos e iconografias



Fonte: Ux Planet (<https://uxplanet.org/how-tiktok-design-hooks-you-up-6c889522c7ed>, acessado em julho de 2025)

Se todo site exibe o ícone de “carrinho de compras” no canto superior direito, acabamos internalizando esse padrão como atalho cognitivo: ao encontrá-lo, nosso córtex pré-frontal já prevê sua função. Quando rompemos esse padrão sem necessidade, interrompemos a ponte neural que antecipa intenções e motivações, gerando frustração antes mesmo de o córtex pré-frontal avaliar as funcionalidades. Assim, respeitar a Lei de Jakob não significa abdicar de inovação, mas equilibrar inovação e familiaridade, acomodando mapas mentais já gravados no hipocampo (conforme a seção Memória de Longo Prazo, 3.2.2.4).

3.3.4.2. Viés de Escassez

“Quando algo é percebido como limitado, seu valor subjetivo aumenta — mesmo que sua utilidade permaneça a mesma.” (WORCHEL; LEE; ADEWOLE, 1975, p. 900)

O viés da escassez é um reflexo da aversão à perda, intensificado por mecanismos neurais de urgência e competição. A percepção de que um recurso é raro ou está prestes a acabar ativa circuitos dopaminérgicos ligados à antecipação de recompensa, tornando a tomada de decisão mais impulsiva e menos racional.

Em produtos digitais, esse viés é usado em contadores regressivos, selos de “últimas unidades” ou restrições temporais (figura 32). Embora eficaz para conversão, seu uso excessivo pode comprometer a confiança e gerar experiências manipulativas (dark patterns). O design responsável deve equilibrar urgência com transparência.

Figura 32: Exemplos da aplicação do viés de escassez em interfaces



Fonte: Bias Academy (<https://bias.academy/vieses-cognitivos/tempo/vies-de-escassez/>, acessado em julho de 2025)

3.3.4.3. *Heurística da Disponibilidade*

“As pessoas avaliam a frequência de um evento com base na facilidade com que conseguem lembrar exemplos dele.” (TVERSKY; KAHNEMAN, 1973, p. 163)

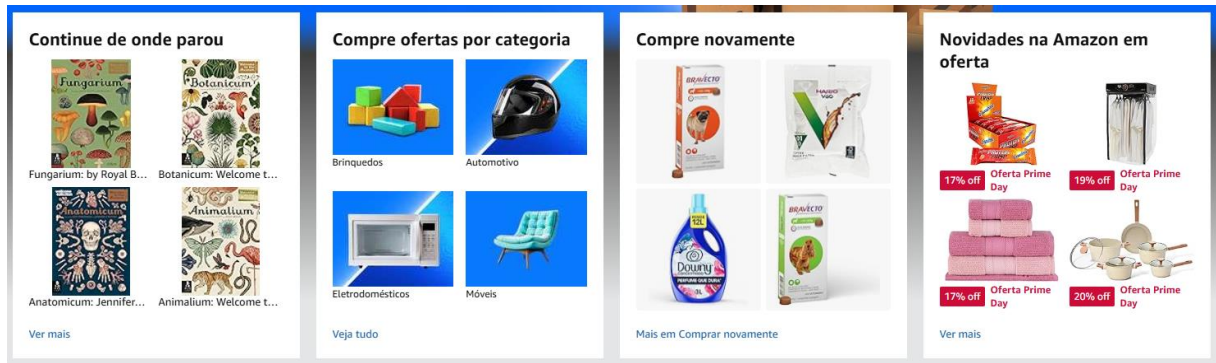
A heurística da disponibilidade é um atalho mental baseado na fluência com que informações são recuperadas da memória. Ao avaliar a probabilidade ou importância de um evento, tendemos a considerar predominantemente exemplos que são lembrados com maior facilidade, ainda que não sejam representativos da realidade. Esse fenômeno está ligado à interação do sistema de memória episódica (hipocampo) com o córtex pré-frontal dorsolateral, responsável pela tomada de decisão em situações incertas.

No design de experiências, esse viés se manifesta quando usuários atribuem mais peso a problemas ou falhas que lembram facilmente, especialmente se foram recentes ou emocionalmente impactantes. Por exemplo, um usuário pode avaliar um aplicativo inteiro negativamente devido a um único erro raro, mas que gerou uma grande frustração e ficou marcado na sua memória. Da mesma forma, depoimentos vívidos e emocionantes em interfaces tendem a gerar maior confiança e influenciar decisões, justamente por serem mais fáceis de lembrar do que informações estatísticas abstratas.

Designers atentos a essa heurística devem, portanto, destacar estrategicamente experiências positivas e buscar minimizar eventos negativos pontuais, reconhecendo que estes últimos podem ter um impacto desproporcional na percepção dos usuários devido à sua facilidade de recuperação da memória.

O site da Amazon utiliza-se desta heurística ao disponibilizar logo na sua primeira dobra dois pontos de contato para itens já observados e adquiridos pelo usuário (figura 33), com isso diminuindo a incerteza da compra de novos itens por estarem associados a experiências prévias de sucesso.

figura 33: Site da Amazon usando da heurística de disponibilidade para diminuir incertezas e promover aquisições



Fonte: Amazon (<https://amazon.com.br/>, acessado em julho de 2025)

3.3.4.4. Regra do Pico-Fim

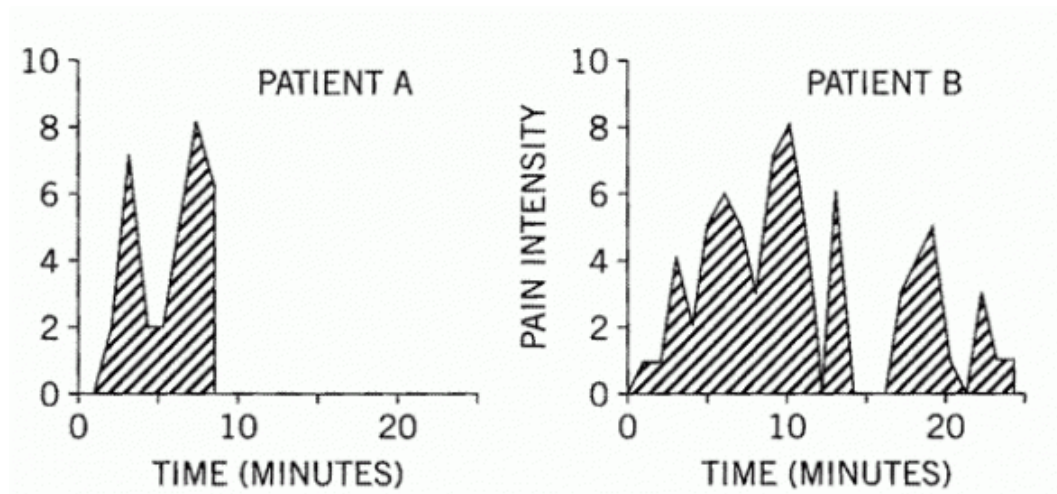
“A avaliação de uma experiência não depende da média de todos os seus momentos, mas sim da intensidade do ponto mais marcante e do final.”
(KAHNEMAN; REDLEMEIER, 1996)

A regra do pico-fim, proposta por Daniel Kahneman e colaboradores, descreve como os seres humanos tendem a avaliar retrospectivamente uma experiência com base em dois momentos específicos: o pico emocional (positivo ou negativo) e o encerramento. O restante da experiência — mesmo que represente a maior parte do tempo — tende a ser subestimado ou esquecido na construção da memória final.

Esse fenômeno é sustentado pelo funcionamento da memória episódica, especialmente pela atuação do hipocampo na consolidação de eventos emocionalmente relevantes e do córtex pré-frontal ventromedial, que participa da avaliação afetiva e construção de julgamentos globais sobre uma experiência. Em outras palavras, não é o todo que determina a lembrança, mas os momentos mais intensos e o desfecho, tal qual demonstrado no estudo feito pelo time de pesquisa de Daniel Kahneman com pacientes que realizavam exames de colonoscopia (figura 34). Neste experimento, dois grupos de pacientes foram avaliados. O grupo A experienciava o exame em aproximadamente 10 minutos, o qual era encerrado no momento de maior pico de dor. Já o grupo B experienciava o exame por aproximadamente 20 minutos, com pico de dor no mesmo ponto que o grupo A, porém com uma redução gradativa na percepção de dor até sua finalização. Após avaliar a percepção de sofrimento de ambos os grupos, percebeu-se que, ainda que tivesse

sofrido pela metade do tempo, o grupo A era o que mais carregava lembranças negativas do exame.

figura 34: Percepção de dor ao longo do tempo durante o exame de colonoscopia



Fonte: IT Forum (<https://itforum.com.br/colunas/como-manipular-a-experiencia-do-usuario/>)

No design de experiências, a regra do pico-fim revela por que jornadas longas e até mesmo frustrantes podem ser lembradas positivamente — desde que contenham um ponto alto significativo (como uma surpresa, sensação de conquista ou resolução eficiente de um problema) e terminem de forma satisfatória. Um bom exemplo prático está em interfaces de atendimento ao cliente: mesmo que o tempo de espera tenha sido longo, um atendimento empático e eficiente no fim da jornada pode gerar uma lembrança positiva e maior aceitação do serviço como um todo.

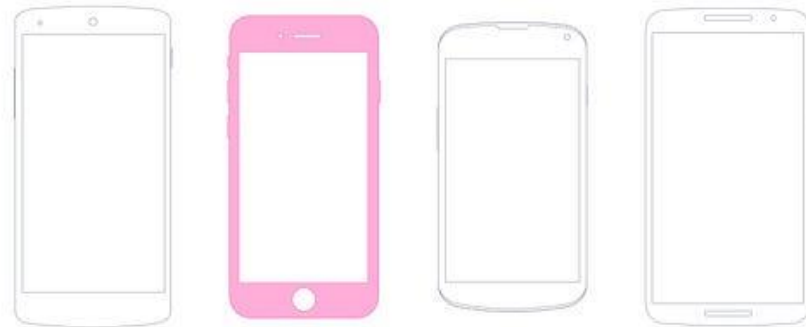
Designers que compreendem essa heurística podem intencionalmente projetar picos memoráveis e finais positivos nas jornadas dos usuários. Isso inclui o uso de micro interações agradáveis no encerramento de tarefas, mensagens de conclusão bem-humoradas, animações de recompensa ou até pequenos gestos de gratidão. Afinal, no que diz respeito à memória, os detalhes finais e os momentos intensos contam mais do que a média da experiência.

3.3.4.5. *Efeito Von Restorff*

“Quando múltiplos objetos similares estão presentes, aquele que difere do resto é mais propenso a ser lembrado.” (von Restorff, 1933)

Como visto em Dimensões básicas: valência e excitação (3.2.3.1) itens que se destacam e diferem de todos os outros, ganhando prioridade na consolidação do hipocampo por dispararem maior valência emocional no sistema límbico (figura 35). Se todos os campos de um formulário forem idênticos, nenhum receberá reforço especial. Porém, se destacarmos o botão “Confirmar” com cor contrastante ou adicionarmos uma leve micro animação quando o usuário preencher corretamente, esse elemento ganha disparo extra na amígdala, tornando-se mais memorável.

figura 35: Itens se destacam por meio do contraste de cores, formas, posição, tamanho, textura em relação aos demais



Fonte: Prototypr (<https://blog.prototypr.io/psychology-in-design-part-1-cdc63229cbe4>, acessado em julho de 2025)

Por exemplo, numa pesquisa de satisfação, se a pergunta “Gostaria de indicar este produto?” aparecer em cor sólida enquanto as outras estão em tons neutros, a atenção consciente ficará presa a essa região e o hipocampo gravará essa intenção com maior força. Assim, tiramos proveito do Efeito Von Restorff para reforçar comportamentos desejáveis, sem sacrificar a coerência funcional. Contudo, este conhecimento deve ser aplicado com cuidado, pois ao destacar muitos elementos próximos o efeito se perde por completo, causando estresse e confusão, o que ocasiona o oposto do esperado.

3.3.4.6. *Efeito da Posição Serial*

“Os usuários têm maior probabilidade de lembrar dos primeiros e últimos itens de uma lista do que dos itens do meio.” (Ebbinghaus, 1885)

Reforçando o que vimos em memória de trabalho (3.2.2.2), o Efeito da Posição Serial mostra que itens no início (priming) e no fim (recência) de uma lista são lembrados com mais facilidade (figura 36). O hipocampo prioriza esses pontos para ancoragem inicial e impressão final, enquanto itens do meio podem “desaparecer” se não houver reforço subsequente.

figura 36: Gráfico mostrando o efeito da posição serial em uma interface



Fonte: Prototypr (<https://blog.prototypr.io/psychology-in-design-part-1-cdc63229cbe4>, acessado em julho de 2025)

Num carrossel de produtos, por exemplo, podemos colocar o item que queremos realçar como primeiro ou último, maximizar sua probabilidade de retenção e influenciar a impressão geral do usuário.

3.3.4.7. *Princípio de Pareto*

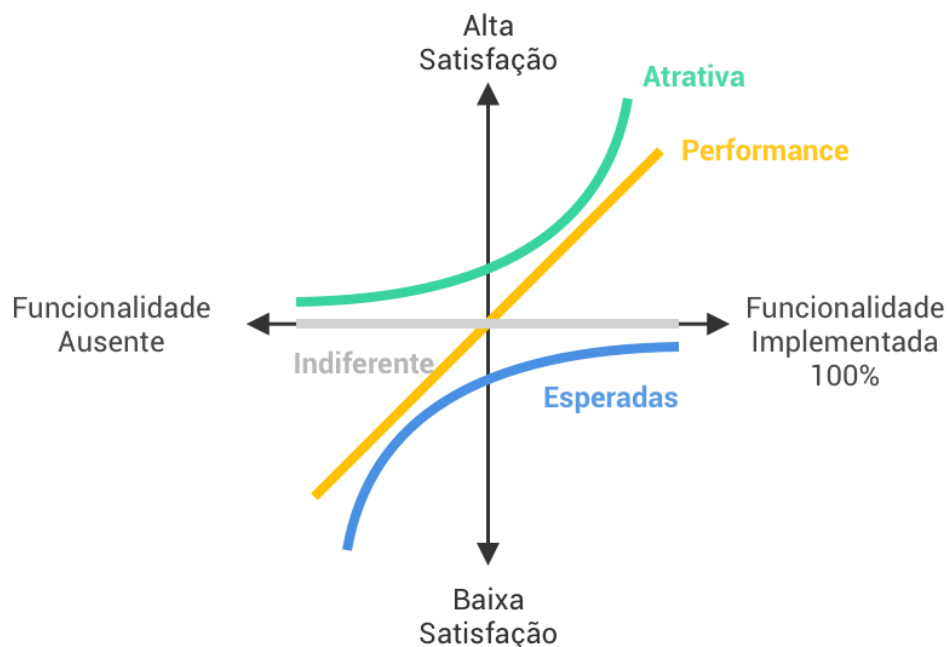
“Em muitos eventos, cerca de 80% dos resultados provêm de 20% das causas.” (PARETO, 1896)

Como detalhado em Memória de Longo Prazo (3.2.3.4), o hipocampo prioriza reforçar padrões frequentemente usados, descartando rapidamente o que surge raramente. O Princípio de Pareto nos lembra que 80% dos resultados vêm de 20% das funções mais usadas. Ao identificar esses 20% e priorizá-los no design — por exemplo, botões mais usados em destaque, atalhos rápidos, menus principais — ajudamos o hipocampo a consolidar primeiro as informações que serão realmente úteis. Isso libera a memória de trabalho para processar novos conteúdos e reduz o

esforço cognitivo inicial. A interface fica mais enxuta e focada nas tarefas principais, aumentando a sensação de controle e reduzindo a carga emocional negativa.

Existem diversas maneiras no design de produtos para identificar o que precisa ser entregue para entregar o máximo de valor aos clientes. Uma dessas maneiras é o framework KANO (figura 37), que por meio de testes e pesquisas insere em um gráfico quanto de satisfação e funcionalidade um produto ou feature entregam, permitindo ao time de design e produtos investir tempo de desenvolvimento nos 20% que entregarão 80% dos resultados.

figura 37: Framework KANO de priorização



Fonte: Vida de Produto (<https://vidadeproduto.com.br/framework-modelo-kanou/>, acessado em julho de 2025)

3.3.4.8. Viés de Apoio à Escolha

“Após tomar uma decisão, as pessoas tendem a lembrar dos aspectos positivos da opção escolhida e esquecer ou minimizar os negativos.” (MATHER; JOHNSON, 2000, p. 143)

Esse viés cognitivo reflete o desejo inconsciente de manter uma autoimagem coerente e confiável. Uma vez que fazemos uma escolha, o cérebro reconstrói a memória dessa decisão de forma a confirmá-la como válida. Neuro biologicamente,

envolve o hipocampo (reconstrução da memória) e o córtex pré-frontal ventromedial (autorreflexão e coerência narrativa).

No design, o viés de apoio à escolha pode ser explorado em momentos pós-decisão: reforços visuais (“ótima escolha!”), confirmações positivas e mensagens de acolhimento contribuem para consolidar a satisfação (figura 38). Essa estratégia reduz a dúvida retroativa e aumenta a fidelidade à interface ou serviço.

figura 38: Duolingo usa o reforço positivo sempre que possível para validar o esforço dos usuários e fazê-los voltar

Você aprendeu Verbos: Infinitivo 2, Básico 1 e 35 outras



Quando estas **barras** diminuírem, está na hora de praticar a unidade.

Fonte: Duolingo (<https://duolingo.com/>, acessado em julho de 2025)

3.3.4.9. *Efeito da Posse*

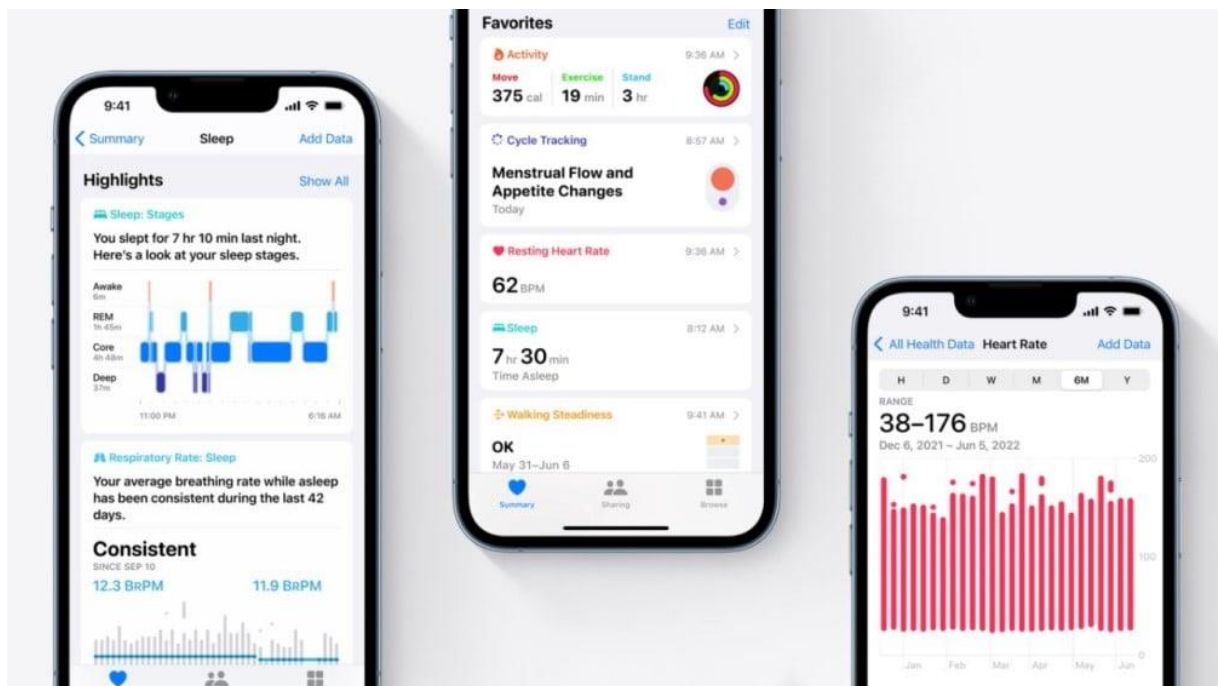
“As pessoas tendem a atribuir maior valor a coisas que já possuem, mesmo que sua posse seja recente ou irrelevante.” (KAHNEMAN; KNetsch; THALER, 1991, p. 1326)

O efeito da posse surge da aversão à perda: uma vez que um item é percebido como “nosso”, sua simples remoção ativa sistemas emocionais de defesa. Esse viés se ancora na ativação do córtex orbitofrontal e do estriado ventral, regiões associadas ao processamento de valor e à regulação da perda. Mesmo em contextos digitais, a posse simbólica — como criar um avatar, personalizar um perfil ou montar uma playlist — gera esse apego.

No design de produtos, esse viés pode ser usado para aumentar o valor percebido de funcionalidades personalizáveis, oferecer testes gratuitos que

“entregam” algo ao usuário, ou construir jornadas que favoreçam algum tipo de apropriação, como em aplicativos de saúde que mantêm seus usuários fiéis por meio da manutenção de histórico e dados (figura 39). Funciona também como alerta: uma mudança de layout que “tira” algo que o usuário considera seu pode gerar resistência imediata, mesmo que a nova versão seja objetivamente melhor.

figura 39: Apple Health gera fidelidade pela “posse compartilhada” dos dados dos usuários



Fonte: Apple Health App

3.3.4.10. *Viés de Ancoragem e Percepção de Valor*

“A primeira informação oferecida sobre um tema — especialmente quando envolve números — funciona como um referencial fixo, que distorce todas as estimativas feitas a seguir.” (Tversky & Kahneman, 1974)

Quando nos deparamos com um valor inicial — seja um preço, uma nota, uma comparação ou um tempo estimado — nosso cérebro utiliza esse número como ponto de partida para fazer julgamentos subsequentes. Essa “âncora” influencia fortemente decisões futuras, mesmo que seja aleatória ou irrelevante. Em lanchonetes e cinemas, este viés é amplamente utilizado na exibição de cardápios, a fim de tornar mais vantajosa a compra de um produto de maior valor devido à comparação com o produto

menor e mais barato (figura 40). A diferença de preço entre produto pequeno e médio (R\$2,00) é maior que a do médio para o maior (R\$1,00), criando na mente do consumidor a sensação de “vantagem” ao comprar o maior produto.

Figura 40: Viés de ancoragem na exibição de preços



Fonte: Marquetizando Você (<https://www.instagram.com/p/DACNYprOwPz/>, acessado em julho de 2025)

No design de interfaces, esse viés é explorado com frequência: um plano de assinatura exibido por R\$ 299 é riscado e, ao lado, surge uma alternativa “premium” por R\$ 99 — que, isoladamente, poderia parecer cara, mas agora parece uma pechincha. Esse deslocamento da percepção de valor não se deve à lógica, mas a uma heurística automática, baseada no primeiro número visto.

Do ponto de vista neuro cognitivo, o viés de ancoragem está ligado à economia de esforço do córtex pré-frontal. Quando confrontado com múltiplas opções, o cérebro tende a agarrar-se à primeira informação disponível como forma de simplificar o julgamento. Essa heurística reduz a sobrecarga na memória de trabalho (ver seção 3.2.2.2), mas também torna a decisão mais suscetível a distorções — especialmente sob pressão de tempo, complexidade ou distrações (ver seção 3.3.1.4 sobre Teoria da Carga Cognitiva).

Embora o uso da ancoragem possa ser legítimo para facilitar comparações reais (por exemplo, entre produtos com diferenciais claros), há risco ético quando o contraste é fabricado para manipular a escolha. Preços inflados que nunca foram

praticados, “descontos” enganosos e comparações irrelevantes são exemplos de uso abusivo.

3.3.5. Leis do Comportamento Social e Expectativa

A cognição social é uma engrenagem fundamental do nosso cérebro — molda nossa forma de pensar, decidir e agir desde os primeiros anos de vida. Nessa esfera, destaca-se a Teoria da Mente (Theory of Mind), a capacidade de atribuir estados mentais a outras pessoas — intenções, crenças, desejos, emoções — e usá-los para antecipar e interpretar seus comportamentos. Essa habilidade não apenas viabiliza empatia e cooperação, mas também fundamenta normas sociais, expectativas e julgamentos morais.

Do ponto de vista neurobiológico, a Teoria da Mente é sustentada por um circuito complexo que envolve o córtex pré-frontal medial, o córtex temporo-parietal (especialmente o sulco temporal superior) e a junção temporo-parietal direita — áreas ativadas quando raciocinamos sobre as intenções de outras pessoas, mesmo sem pistas explícitas. Esses mecanismos nos permitem navegar em contextos sociais ambíguos, ajustar comportamentos conforme o grupo e até simular mentalmente as reações alheias diante de uma escolha.

As leis e vieses aqui apresentados ajudam a entender como expectativas sociais, pressões de conformidade, desejos de pertencimento e modelagem por observação influenciam diretamente as decisões humanas — inclusive no ambiente digital. Em interfaces, produtos e serviços, esses fatores moldam desde o engajamento com funcionalidades até o julgamento sobre segurança, popularidade ou confiabilidade de uma experiência.

Compreender esses princípios permite ao designer criar experiências mais coerentes com os modelos mentais sociais dos usuários — ou, quando necessário, desafiá-los com responsabilidade. Afinal, todo design é, em alguma medida, um convite ao comportamento. E comportamento humano é, quase sempre, profundamente social.

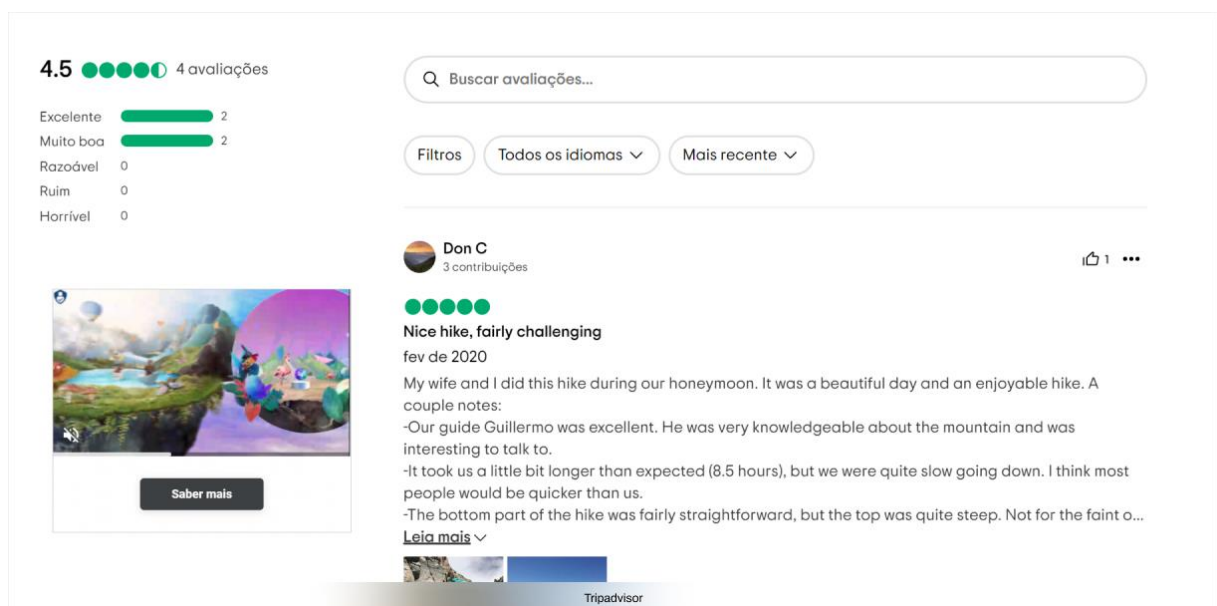
3.3.5.1. Viés da Prova Social

“A tendência das pessoas é considerar que o comportamento dos outros é a forma mais apropriada de agir, especialmente em situações ambíguas.”
(CIALDINI, 2001, p. 116)

A prova social é um atalho mental acionado quando estamos diante de escolhas incertas: observamos o que os outros estão fazendo para decidir o que devemos fazer. Essa inclinação está associada à sobrevivência em grupo e ao reforço social, com base em mecanismos neurais que envolvem o córtex pré-frontal medial e áreas de recompensa como o núcleo accumbens. Quando vemos muitas pessoas adotando um comportamento, tendemos a imitá-lo para evitar risco ou exclusão.

No design de experiências, esse viés é amplamente explorado por meio de indicadores como número de downloads, avaliações de usuários, comentários ou selos de “mais vendido” (figura 41). Quando usado com responsabilidade, aumenta a confiança e reduz a fricção decisória. Em excesso, pode induzir comportamentos de manada ou escolhas não refletidas, exigindo do designer equilíbrio ético na construção da interface.

figura 41: Avaliações e comentários de outros usuários como prova social



Fonte: Bias Academy (<https://bias.academy/vieses-cognitivos/ambiguidade/prova-social/>, acessado em julho de 2025)

3.3.5.2. Efeito da Mera Exposição

“A mera repetição de um estímulo aumenta sua fluência perceptiva e, consequentemente, sua atratividade.” (ZAJONC, 1968, p. 1)

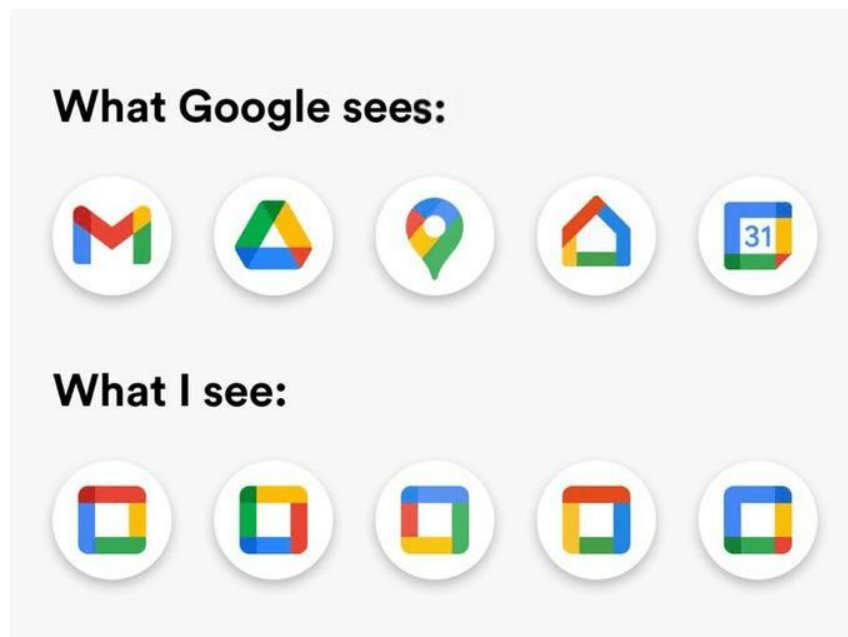
O cérebro tende a preferir o que já viu. O efeito da exposição se explica pela fluência cognitiva: quanto mais familiar for um estímulo, mais facilmente ele é processado — e mais positivo ele nos parece. Essa preferência inconsciente envolve

regiões visuais associativas, como o giro fusiforme, e sistemas de recompensa que respondem à previsibilidade e à segurança perceptiva.

No design, esse viés reforça a importância de múltiplos impactos de comunicação com consistência visual, padrões de interação e reutilização de componentes familiares. Interfaces que “parecem certas” muitas vezes não o são por sua lógica funcional, mas por parecerem já conhecidas. A repetição constrói conforto.

Ao mesmo tempo, quando utilizado de forma incorreta sem levar em consideração contextos de uso e predileções de usuários, o mesmo efeito pode causar desconforto e sensação de se tratar de algo obsoleto/batido (figura 42).

figura 42: repetição e coerência levadas ao extremo podem ser prejudiciais



Fonte: DotYeti (<https://www.dotyeti.com/blog/we-fixed-googles-new-logos-2020/>)

3.3.5.3. *Ilusão de Transparência*

“As pessoas tendem a superestimar o quanto suas emoções, intenções e pensamentos são percebidos pelos outros.” (GILOVICH; SAVITSKY, 1998, p. 165)

A ilusão de transparência é o viés de acreditar que aquilo que pensamos ou sentimos está evidente para os outros. Essa crença se origina da dificuldade do cérebro em distinguir entre o que está interno e o que foi efetivamente comunicado —

falha associada ao córtex pré-frontal medial, envolvido na autorreflexão e na teoria da mente.

No design, essa ilusão é recorrente: o designer presume que sua intenção é “óbvia”, e que o fluxo de uso será intuitivo porque ele mesmo o compreende. Isso reforça a necessidade de testes com usuários, escrita clara e validações iterativas. O que parece claro para quem projeta pode ser indecifrável para quem usa.

3.3.5.4. *Erro Fundamental de Atribuição*

“Ao explicar o comportamento dos outros, tendemos a superestimar fatores internos (como personalidade) e subestimar fatores situacionais.” (ROSS, 1977, p. 183)

Esse viés mostra como julgamos os erros dos outros com severidade — atribuindo-os a falhas pessoais — enquanto minimizamos o papel do contexto. Neuro cientificamente, envolve o córtex pré-frontal e a amígdala, ligados à moralidade e julgamento social. É um viés que se reforça em ambientes digitais onde a empatia é reduzida.

Em design, ele aparece na culpabilização do usuário: quando alguém não entende uma interface, tende-se a dizer que “o usuário errou”, em vez de investigar falhas no fluxo, na arquitetura da informação ou na linguagem visual. O erro de atribuição compromete a cultura de design centrado no usuário e reforça soluções punitivas em vez de preventivas. Reconhecê-lo é essencial para adotar uma postura mais empática, científica e ética no processo de design.

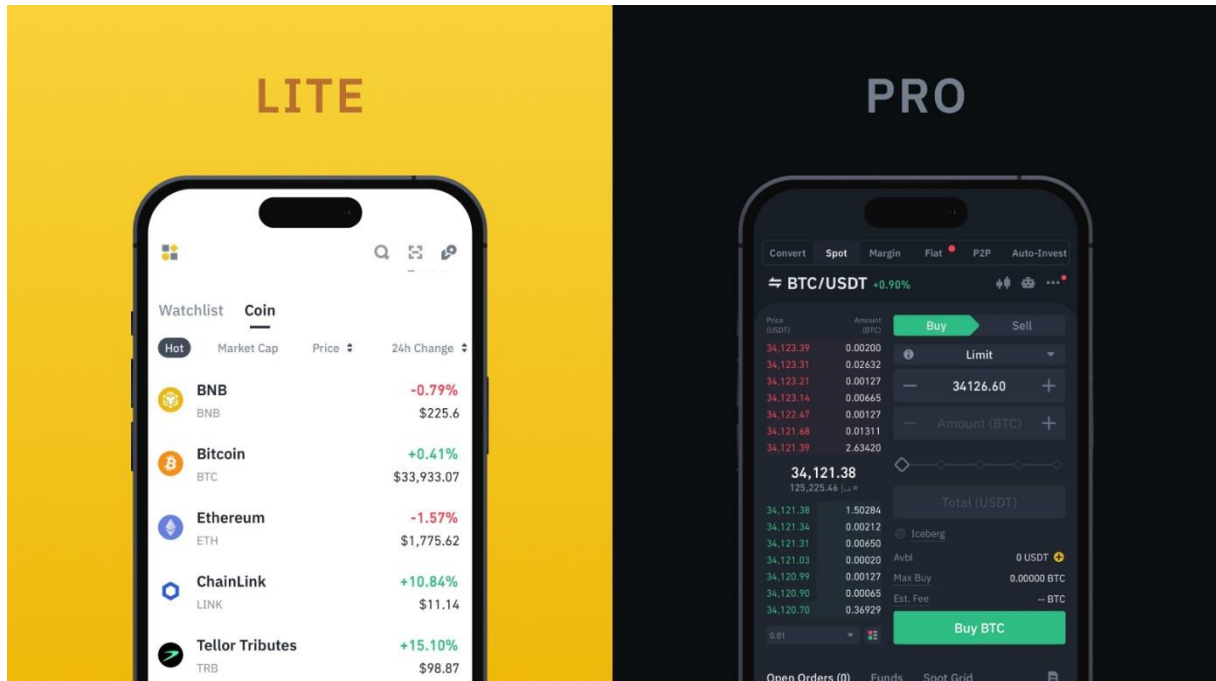
3.3.5.5. *Design para Extremos*

“Projetar trajetos distintos para usuários novatos e experientes, respeitando que cada grupo possui repertórios cognitivos e motivações diferentes.” (BURGGRAAF, 2011)

Diferentes usuários apresentam habilidades cognitivas e níveis de experiência distintos. A “Estratégia de Design para Extremos” recomenda oferecer trajetos distintos para novatos e veteranos. Por exemplo, um usuário avançado pode ativar atalhos de teclado ou menus de contexto (“Modo Expert”), cujo uso já se tornou automático e consolidado no cerebelo (3.2.2.4). Ao mesmo tempo, iniciantes dispõem de um “caminho guiado” com instruções passo a passo, sinalizadas por micro animações e tooltips). Cada perfil pode escolher o “ritmo cognitivo” que melhor se

encaixa em seu repertório de memórias de curto prazo (3.2.2.2) e redes sociais de empatia (3.2.4.1) (figura 43).

figura 43: Aplicativo de corretora de criptomoedas oferece duas maneiras diferentes de utilização



Fonte: Binance (<https://www.binance.com/>, acessado em julho de 2025)

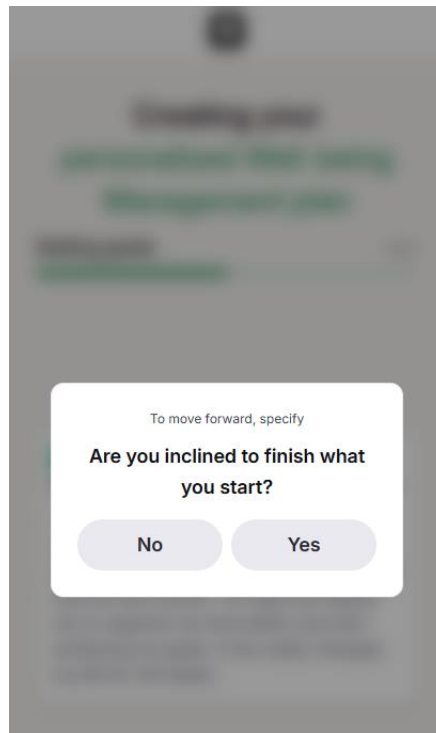
3.3.5.6. Ilusão de Controle

“As pessoas tendem a superestimar seu grau de controle sobre eventos que são, em grande parte, aleatórios.” (LANGER, 1975, p. 313)

A ilusão de controle descreve a tendência de acreditarmos que nossas ações influenciam mais o resultado do que realmente influenciam. Isso se deve à ativação de circuitos de recompensa (núcleo accumbens, córtex pré-frontal ventromedial) em situações de agência percebida. O simples fato de interagir com um sistema — clicar, arrastar, ajustar — gera sensação de domínio, mesmo quando o resultado está pré-determinado.

No design, essa ilusão pode ser usada para empoderar o usuário, como em animações responsivas, sliders ou escolhas simbólicas que dão senso de personalização. Como exemplo, nos formulários de teste da empresa Liven, após o teste ser realizado, durante a fase de “cálculos”, outras perguntas são exibidas para dar maior impressão de personalização (figura 44).

figura 44: Perguntas simbólicas para dar sensação de maior personalização e senso de propriedade



Fonte: Liven (<https://quiz.theliven.com/>, acessado em julho de 2025)

No entanto, quando aplicada a sistemas automatizados (como algoritmos de recomendação ou IA), pode induzir confiança excessiva em decisões pouco transparentes. O papel do designer é equilibrar controle real e percebido, comunicando com clareza os limites de cada ação.

3.3.6. Métodos neurocientíficos aplicados ao Design de Experiência (UX)

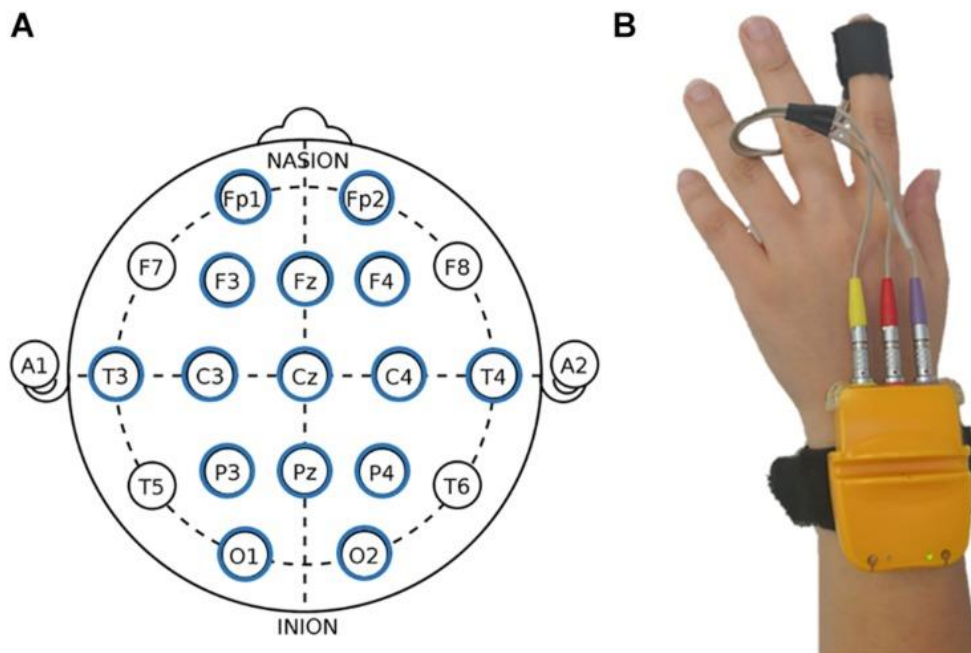
O uso das técnicas neurocientíficas para o design de experiências é uma abordagem recente, porém promissora, que permite criar interfaces mais eficientes e intuitivas. Esses métodos complementam significativamente as técnicas tradicionais, como entrevistas qualitativas, testes de usabilidade e análises quantitativas. Ao acessar diretamente as respostas neurofisiológicas, os designers conseguem insights mais objetivos sobre a percepção e interação dos usuários com interfaces digitais (INÁCIO, s.d.).

3.3.6.1. Eletroencefalografia (EEG)

A eletroencefalografia (EEG) capta oscilações elétricas do cérebro por meio de sensores posicionados no couro cabeludo, permitindo observar variações no estado mental como relaxamento, atenção sustentada e esforço cognitivo (ALFIMTSEV et al., 2015). Quando aplicada ao contexto de UX, a EEG fornece dados objetivos sobre a carga mental imposta por uma interface, revelando momentos exatos de engajamento, frustração ou distração (NOBLE et al., 2023).

Um exemplo disso pode ser visto no estudo de Causse (CAUSSE et al., 2020) (figura 45), no qual participantes interagiram com sistemas de automação residencial de usabilidade variável enquanto seus sinais neurais eram monitorados. Interfaces mal projetadas geraram aumento na atividade do córtex frontal médio, associado ao esforço cognitivo elevado, além de maior ativação de marcadores autonômicos de estresse. Já sistemas com boa experiência de uso provocaram padrões neurais relacionados ao engajamento positivo e menor carga mental, indicando que a EEG pode não apenas identificar problemas de usabilidade, mas também validar boas decisões de design de forma neurofisiológica.

figura 45: Posição dos canais EEG na cabeça dos usuários testados (A) e eletrodo para biofeedback no dedo (B)



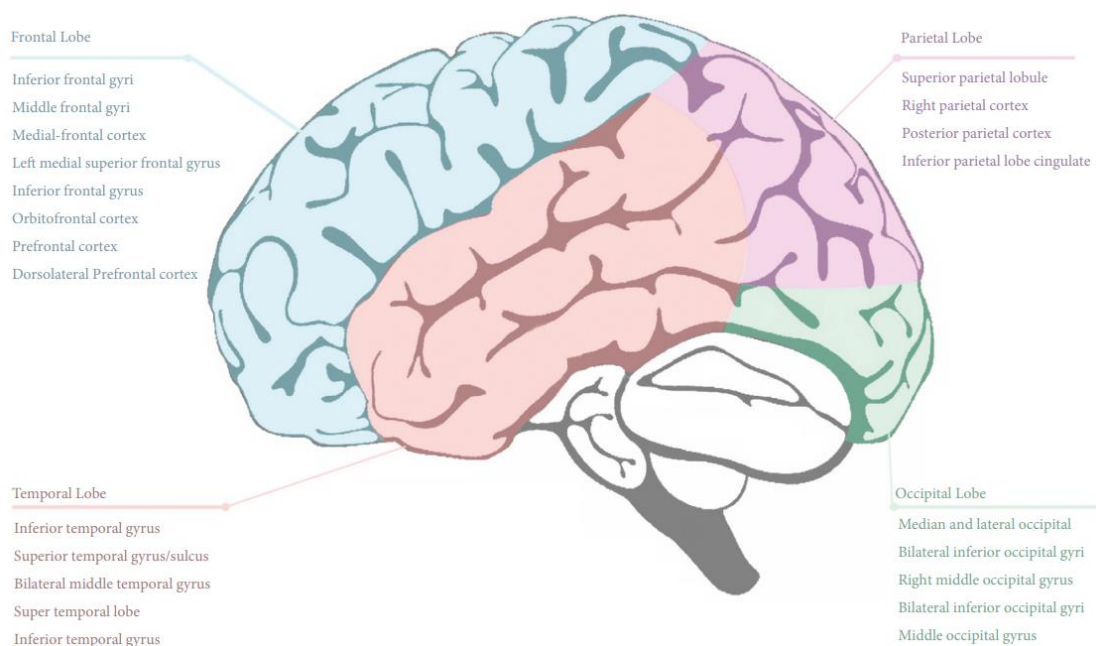
(CAUSSE et al., 2020)

3.3.6.2. Ressonância Magnética Funcional (fMRI)

A fMRI (ressonância magnética funcional) mede alterações no fluxo sanguíneo cerebral, permitindo identificar com alta precisão quais regiões do cérebro estão mais ativas durante uma tarefa cognitiva. Essa técnica se baseia no chamado efeito BOLD (Blood-Oxygen-Level Dependent), que detecta variações na oxigenação do sangue como indicativo indireto da atividade neuronal. Apesar de exigir equipamentos sofisticados e ambientes laboratoriais controlados, a fMRI oferece um mapeamento espacial detalhado, revelando o envolvimento de estruturas como o córtex pré-frontal e o núcleo accumbens — áreas ligadas à tomada de decisão, avaliação emocional e processamento de recompensas (INÁCIO, s.d.).

No contexto da experiência do usuário (UX), a fMRI tem sido aplicada em estudos acadêmicos para explorar aspectos menos acessíveis por métodos tradicionais, como o impacto estético inconsciente de diferentes layouts, cores e composições visuais. Um exemplo notável é a revisão conduzida por Rankin et al. (2021), que analisou como a fMRI tem sido usada para investigar o processamento estético em interfaces visuais. Os autores destacam que estímulos considerados visualmente agradáveis ativam regiões como o córtex orbitofrontal — associado à valência emocional — e o córtex visual, responsável pelo processamento da forma e da cor (figura 46).

figura 46: Regiões do cérebro relacionadas à apreciação estética



Fonte: Rankin (et al. 2021)

1. Lobo Frontal: Planejamento, tomada de decisão, controle inibitório, juízo.

- Abriga o córtex orbitofrontal e o córtex pré-frontal medial.
- Atua na avaliação subjetiva da beleza, no julgamento emocional do que é agradável e na recompensa associada à estética.
- Essencial para reflexão crítica sobre o design, como decidir se algo “faz sentido”, “é bonito” ou “é coerente”.

2. Lobo Temporal: Processamento auditivo, linguagem, memória e reconhecimento de padrões.

- Participa da integração de memória e percepção, ajudando a relacionar estímulos visuais com experiências anteriores ou significados aprendidos.
- Contribui para o reconhecimento de formas, objetos e padrões familiares, influenciando o quanto um design é percebido como “agradável” por familiaridade ou semelhança com experiências anteriores.

3. Lobo Parietal: Percepção espacial, atenção, coordenação sensório-motora.

- Auxilia na organização espacial dos elementos visuais, como alinhamento, simetria e hierarquia visual.
- É ativado na percepção de proporção e balanço visual — elementos centrais na composição estética de interfaces.

4. Lobo Occipital: Processamento visual primário e secundário.

- Contém o córtex visual (V1-V4), onde são processadas cor, forma, movimento e contraste.
- É a porta de entrada para qualquer julgamento estético visual, pois sem percepção visual precisa, o cérebro não pode atribuir valor estético ao que vê.

Tabela 1: Mapeamento das regiões envolvidas na apreciação estética visual

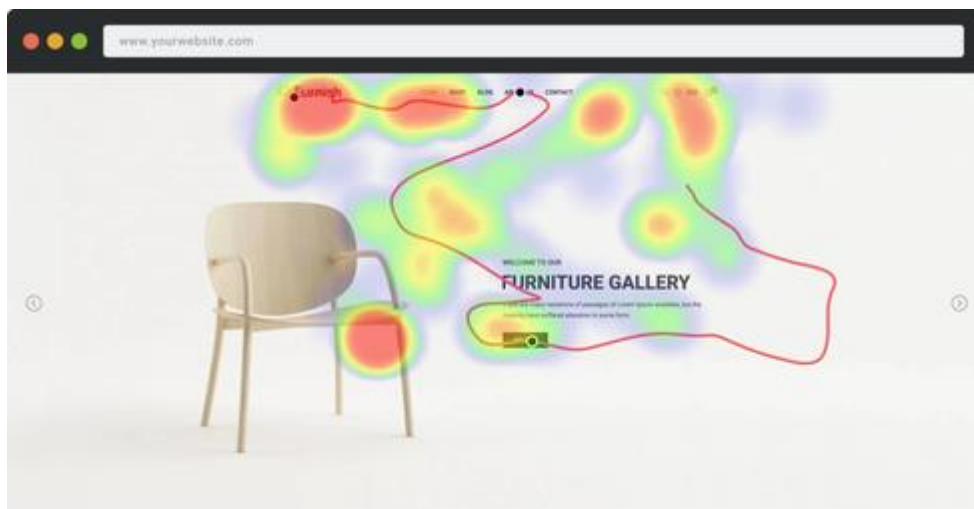
Lobo Cerebral	Região Funcional Relevante	Papel no Processamento Estético em UX
Frontal	Córtex Orbitofrontal	Avaliação emocional, julgamento de beleza, prazer estético e recompensa subjetiva.
	Córtex Pré-frontal Medial	Valoração pessoal, autorreferência e reflexão estética individual.
Temporal	Áreas temporais inferiores	Reconhecimento de padrões visuais, familiaridade estética, memória visual e associações semânticas.
Parietal	Lobo parietal superior e inferior	Percepção espacial, proporção, simetria e organização visual dos elementos na interface.
Occipital	Córtex visual primário e secundário (V1–V4)	Processamento de cor, forma, contraste e movimento — base perceptiva da estética.
(Frontal/Temporal /Ínsula)	Ínsula anterior	Integração entre emoção, percepção corporal e resposta visceral ao estímulo estético.

Esses achados revelam como elementos estéticos da interface podem gerar respostas emocionais mensuráveis no cérebro, contribuindo para experiências mais envolventes e memoráveis. A fMRI, nesse sentido, se mostra uma ferramenta valiosa para validar empiricamente decisões de design baseadas não apenas na usabilidade, mas também na resposta afetiva do usuário.

3.3.6.3. Rastreamento Ocular (Eye-tracking)

O rastreamento ocular usa câmeras infravermelhas para monitorar precisamente o movimento e a fixação dos olhos do usuário, permitindo identificar claramente quais elementos atraem atenção visual (MELCHER et al., 2024). Em UX, essa técnica é particularmente eficaz para validar a hierarquia visual e a eficácia de elementos críticos da interface, tais como botões ou anúncios (figura 47). Por exemplo, em sites de comércio eletrônico, pode-se detectar se os usuários ignoram informações essenciais como descontos, permitindo ajustes estratégicos em sua apresentação (QU; DUFFY, 2025).

figura 47: Exemplo da aplicação de eye-tracking em uma interface



Fonte: Aguayo (<https://aguayo.co/en/blog-aguayo-user-experience/eye-tracking-ux-research/>, acessado em julho de 2025)

3.3.6.4. *Reconhecimento de Microexpressões Faciais*

Essa técnica permite captar emoções sutis e involuntárias por meio da análise automatizada (ou semiautomatizada) de expressões faciais durante a interação do usuário com interfaces digitais. Baseada na identificação de microexpressões — reações musculares faciais que duram frações de segundo e escapam ao controle consciente —, ela oferece uma via promissora para avaliar a experiência emocional de forma não intrusiva (MELCHER et al., 2024).

Em um estudo de caso conduzido por Almeida (2009), a técnica METT II-Short foi testada como instrumento de coleta emocional durante sessões de jogos digitais. Mesmo com limitações técnicas (filmagem lateral e baixa taxa de quadros), foi possível identificar microexpressões associadas a momentos de maior envolvimento do jogador, sugerindo uma relação direta entre os estímulos do jogo e as reações emocionais espontâneas. O autor ressalta que, por não exigir verbalização nem interrupção da atividade, esse tipo de abordagem é especialmente eficaz em contextos onde o fluxo lúdico ou a concentração são críticos — como em jogos, simulações e experiências imersivas.

A capacidade de identificar emoções como frustração, surpresa ou prazer — sem depender de autorrelatos — permite detectar problemas de usabilidade ou engajamento emocional de forma mais precisa e em tempo real. Por exemplo, a recorrência de expressões de confusão em determinada etapa pode indicar conteúdo

mal compreendido, enquanto a ausência de reações pode sinalizar baixa estimulação emocional. Com isso, a análise facial baseada em microexpressões se posiciona como uma ferramenta estratégica para aprimorar não só a interface, mas a qualidade emocional da experiência como um todo.

3.3.6.5. *Biossensores e Tecnologias Vestíveis (Wearables)*

Biossensores vestíveis, como os que medem frequência cardíaca (HR), frequência respiratória (RR) e especialmente resposta galvânica da pele (GSR) — também conhecida como atividade eletrodérmica (EDA) — vêm sendo amplamente utilizados em estudos de UX e neuromarketing para captar níveis de excitação emocional (arousal) durante a interação com interfaces digitais.

O GSR (figura 48), em particular, mede variações na condutância elétrica da pele, que aumentam com a ativação das glândulas sudoríparas sob controle do sistema nervoso simpático. Isso o torna uma medida indireta, porém robusta, de envolvimento emocional, mesmo quando o usuário não verbaliza ou não tem consciência dessa excitação. No entanto, é importante esclarecer que o GSR não identifica se a emoção é positiva ou negativa (valência), mas apenas sua intensidade.

figura 48: Exemplo de biossensores de resposta galvânica



Fonte: Marco Mancini (<https://mancinimarco.com/what-is-the-galvanic-skin-response-gsr-and-how-to-use-it-in-neuromarketing/>, acessado em julho de 2025)

A resposta eletrodérmica pode ser dividida em dois componentes:

- A componente tônica (SCL – Skin Conductance Level), mais lenta e estável, relacionada a mudanças graduais no estado fisiológico.
- A componente fásica (SCR – Skin Conductance Response), mais rápida e sensível a estímulos específicos, como mudanças visuais ou interações pontuais.

Essa granularidade permite, por exemplo, que designers avaliem em quais momentos de um fluxo de navegação, vídeo promocional ou interface interativa o usuário apresentou maior envolvimento emocional — mesmo sem recorrer a questionários ou entrevistas. Estudos como o de Causse e Hurter (2009) mostram que variações no GSR podem refletir não apenas esforço cognitivo, mas também resposta emocional positiva associada a estímulos visuais mais claros e agradáveis, como o uso de texto em telas de controle aéreo.

Além de sua eficácia, o GSR tem se popularizado por sua facilidade de uso, baixo custo e integração com outras técnicas como EEG, eye tracking e expressões faciais. Isso o torna especialmente promissor para ambientes experimentais híbridos, onde se busca capturar dados objetivos em tempo real sem interromper a experiência do usuário.

Ainda assim, deve-se ter cautela: por ser uma medida multifatorial, variações em condutância podem ser causadas por fatores como temperatura, hidratação ou movimentação. Portanto, sua análise é mais confiável quando combinada a outros indicadores fisiológicos ou comportamentais.

3.3.7. Preocupações Éticas no Design com Base em Neurociência, Psicologia Cognitiva e Vieses Cognitivos

Depois de tanta neurociência, memória, atenção e vieses talvez seja hora de uma pausa cognitiva — inclusive para nós, designers.

Vimos até aqui que o cérebro humano não foi feito para lidar com sobrecarga de escolha, para lembrar dezenas de informações simultaneamente ou para tomar decisões totalmente racionais em todos os momentos do dia. Vimos também que a mente busca atalhos, repete padrões, se apoia na emoção e, às vezes, tropeça nos próprios vieses. Mas o que talvez ainda não tenhamos dito com todas as letras é: **isso também vale para o designer.**

Sim, aquele que projeta experiências é, ele mesmo, atravessado pelos mesmos limites atencionais, pelas mesmas ilusões de controle, pelas mesmas memórias instáveis e atalhos mentais dos usuários que tenta entender. A diferença? É que agora ele sabe disso. E esse saber transforma tudo.

Entender os fundamentos do comportamento humano, como exploramos aqui, não é apenas uma forma de criar produtos melhores. É também uma forma de construir repertório, ampliar consciência e cultivar um modo mais responsável de projetar. Mas atenção: isso não acontece por osmose. **Exige prática, intenção e vigilância constante.** Porque usar essas leis de forma ética não é (ainda) o padrão do mercado — mas pode, e deve, ser o seu.

A seguir vamos mergulhar nessa camada ética do design neuro centrado. Vamos falar de responsabilidade, padrões sombrios e do fino fio que separa persuasão de manipulação. Porque, como já ficou claro, projetar experiências é também projetar consequências.

3.3.7.1. *A natureza humana como constante*

Ao longo deste trabalho, reiteramos que enquanto as ferramentas digitais evoluem rapidamente, a estrutura cognitiva humana segue praticamente inalterada desde o período paleolítico. Isso significa que nosso aparato atencional, nossa capacidade de memória de trabalho – como descrito por Miller e revisado por Cowan (2001) – e nossas heurísticas decisórias continuam limitados por padrões evolutivos. Isso torna o conhecimento neurocientífico uma poderosa ferramenta – mas também um risco – quando colocado a serviço de objetivos de negócio.

3.3.7.2. *O risco da manipulação: dark patterns e dissonância ética*

Quando designers compreendem como o cérebro responde ao medo da perda, à escassez ou à sobrecarga de escolha, eles podem usar esse conhecimento para reduzir o esforço cognitivo. No entanto, esse mesmo entendimento pode ser instrumentalizado para criar padrões de manipulação emocional, conhecidos como dark patterns. Como detalhado por Gray, esses padrões se aproveitam de vulnerabilidades cognitivas para empurrar decisões indesejadas ao usuário. Em outras palavras, o conhecimento profundo sobre comportamento humano pode ser tanto uma bússola para o cuidado quanto uma ferramenta de coerção.

3.3.7.3. *A ilusão da escolha: sobrecarga e privacidade*

Como discutimos, o fenômeno da choice overload (sobrecarga de escolha) – identificado à luz da Lei de Hick – mostra como o excesso de opções pode paralisar a tomada de decisão. Em vez de empoderar o usuário, uma arquitetura de escolhas mal desenhada pode tornar sua experiência exaustiva. Essa lógica é frequentemente aplicada em estratégias de privacidade confusas, onde o consentimento é obtido por meio de caminhos labirínticos. Além disso, a exploração de dados comportamentais para personalização extrema revela um cenário no qual o design se torna um mecanismo de previsão e direcionamento de comportamento, colocando em xeque a autonomia individual.

3.3.7.4. *Do cuidado à responsabilidade: a ética dos métodos*

A prática do design centrado no humano evoluiu para abranger dimensões cognitivas mais sofisticadas. A incorporação de métodos de neurociência cognitiva – como os detalhados na seção 3.3.7, que incluem eye-tracking, EEG e codificação facial – amplia a capacidade de entender reações não conscientes dos usuários.

Contudo, isso exige que designers também ampliem sua consciência ética sobre os limites do que se deve medir e influenciar. A responsabilidade na aplicação desses métodos envolve garantir um consentimento verdadeiramente informado, onde o usuário compreenda o tipo de dado (neurofisiológico, emocional) que está compartilhando. Exige também cautela na interpretação, reconhecendo que um sinal biométrico não é um retrato fiel de uma intenção, e um cuidado redobrado com a privacidade e segurança desses dados, que são fundamentalmente mais íntimos que dados de navegação.

3.3.7.5. *Princípios éticos aplicados ao design neuro cognitivo*

Ao assumir que projetar é intervir sobre a cognição humana, todo designer precisa considerar o impacto de suas decisões sobre a autonomia e o bem-estar dos usuários. Abaixo, propomos uma síntese não exaustiva de práticas éticas recomendadas:

tabela 2: orientação ao neuro design, riscos éticos e boas práticas

Princípio abordado	Risco Ético em Projetos	Boas Práticas de Design Ético
Viés da escassez (3.3.4.2)	Criar senso de urgência artificial para forçar decisões impulsivas	Usar escassez apenas quando legítima, indicar claramente prazos ou limites reais
Viés de ancoragem (3.3.4.10)	Influenciar percepção de valor por meio de comparação manipulada (ex: preços exagerados riscados)	Apresentar comparações justas, evitar distorções extremas que manipulem percepção
Viés de apoio à escolha (3.3.4.8)	Validar opções previamente escolhidas, reforçando decisões sem espaço para reavaliação	Oferecer alternativas, facilitar revisões e reversões de decisão
Viés da negatividade (3.3.3.4)	Focar em mensagens negativas para provocar ação por medo ou aversão	Promover emoções positivas para engajamento, sem causar culpa ou ansiedade desnecessária
Viés da prova social (3.3.5.1)	Usar validação coletiva genérica ou fabricada para influenciar decisões	Apresentar dados sociais reais e relevantes ao contexto do usuário
Viés da mera exposição (3.3.5.2)	Repetir estímulos para criar familiaridade enganosa, influenciando preferência inconsciente	Informar explicitamente o motivo da repetição (ex: recomendações, sugestões)

3.3.7.6. *O papel do designer neuro cognitivo*

É papel do designer contemporâneo não apenas criar experiências envolventes, mas também proteger os usuários da exploração de suas vulnerabilidades cognitivas.

Essa responsabilidade começa no próprio designer, que deve estar ciente de seus vieses para não os projetar em suas criações. Em um cenário onde o conhecimento neurocientífico pode ser tão facilmente convertido em lucro quanto em cuidado, a ética precisa deixar de ser um apêndice e se tornar um critério de qualidade. Como defendido ao longo deste trabalho, projetar realidades é também assumir o risco de interferir em dimensões profundas da cognição humana. Nesse sentido, a ética do design neuro cognitivo não é um “a mais” — é o que separa o artesanato da manipulação.

4. RELEVÂNCIA

A relevância deste trabalho emerge de uma tensão central no mercado digital contemporâneo: o profundo descompasso entre a evolução exponencial da tecnologia e a imutabilidade da cognição humana. Em um cenário onde a urgência por profissionais e a proliferação de ferramentas incentivam processos superficiais, esta pesquisa oferece um contraponto essencial. Sua principal relevância está em construir um repertório sólido que reconecta a prática do design às suas raízes na neurociência e na psicologia do comportamento, como explorado nas bases biológicas do nosso "hardware cerebral".

Este material é diretamente relevante para múltiplos públicos. Para designers de experiência, do júnior ao sênior, ele serve como uma ferramenta para transcender o "como" e entender o "porquê". Oferece um vocabulário neurocientífico para justificar decisões, transformando a aplicação de heurísticas e leis em um entendimento profundo de suas origens cognitivas. Para estudantes e novos profissionais, muitos dos quais vêm de cursos intensivos focados em ferramentas, este trabalho preenche uma lacuna educacional crítica, fornecendo a base teórica sólida necessária para uma prática profissional madura e diferenciada.

Para líderes de design e gerentes de produto, a relevância manifesta-se na capacidade de construir uma ponte entre as decisões de UX e os resultados de negócio. Ao compreender como a carga cognitiva, a memória e a emoção impactam o engajamento e a retenção, esses líderes podem guiar suas equipes na criação de produtos genuinamente alinhados à forma como as pessoas pensam e sentem.

Para pesquisadores e acadêmicos, o trabalho oferece uma síntese organizada e aplicável, consolidando princípios dispersos em uma narrativa coesa que une neurociência e design de interação.

A relevância desta pesquisa é amplificada por sua estrutura abrangente, que não se limita a listar princípios. Ela promove uma virada de chave ao voltar a lente para o próprio designer, forçando a autoconsciência sobre os vieses que também o afetam. Além disso, avança da teoria para a prática ao apresentar métodos de investigação neurocientífica, como EEG e rastreamento ocular, que permitem validar

hipóteses de design com dados objetivos. Finalmente, culmina em uma discussão ética indispensável, equipando o profissional para navegar a fronteira delicada entre a persuasão e a manipulação digital.

Em um futuro em que interfaces poderão ser geradas por inteligência artificial em segundos, a relevância de compreender o ser humano se tornará ainda maior. Ferramentas mudam, mas o "hardware biológico" para o qual projetamos permanece o mesmo. Portanto, a contribuição duradoura deste trabalho não é um método ou uma técnica, mas um convite à profundidade. É um mapa para que designers possam projetar realidades com mais consciência, responsabilidade e, acima de tudo, humanidade.

5. REFERÊNCIAS

ADELSON, P. C. J. O impacto da psicologia cognitiva no UX design: estratégias para aprimorar usabilidade e satisfação do usuário no uso de plataformas digitais. 2024. Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, 2024.

ALEXANDER, R. et al. Unveiling the user experience: a synthesis of cognitive neuroscience methods in digital product design. *Journal of Usability Studies*, v. 17, n. 2, 2022.

ALMEIDA, Cláudio Santos. A técnica de análise de micro expressões faciais (METT II-Short) na avaliação da qualidade de jogos digitais: um estudo preliminar de viabilidade. *InfoDesign: Revista Brasileira de Design da Informação*, v. 6, n. 3, p. 50–57, 2009. Disponível em: <https://infodesign.org.br/infodesign/article/view/4106>. Acesso em: 11 jul. 2025.

BADDELEY, A. D. Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, v. 36, n. 3, p. 189–208, 2003.

BAUMEISTER, R. F. et al. Bad is stronger than good. *Review of General Psychology*, v. 5, n. 4, p. 323–370, 2001.

BREHM, J. W. Postdecision changes in the desirability of alternatives. *The Journal of abnormal and Social Psychology*, v. 52, n. 3, p. 384–389, 1956.

BROADBENT, D. E. *Perception and communication*. London: Pergamon, 1958.

BURGGRAAF, J. R. Designing for extremes: inclusive design in human-computer interaction. In: *Designing Inclusive Interactions*. London: Springer, 2011. p. 59–68.

CATHO. Panorama de vagas em design e tecnologia. Relatório interno, 2022.

CAUSSE, Mickaël et al. Neurophysiological correlates of user experience in smart home systems (SHSs): First evidence from electroencephalography and autonomic measures. *Frontiers in Psychology*, Lausanne, v. 11, art. 544, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7096582/>. Acesso em: 11 jul. 2025.

CAUSSE, Mickaël; HURTER, Christophe. The physiological user's response as a clue to assess visual variables effectiveness. In: *Lecture Notes in Computer Science*, v. 5621. Heidelberg: Springer, 2009. p. 235–244. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_20. Acesso em: 11 jul. 2025.

CIALDINI, R. B. *As armas da persuasão: como influenciar e não se deixar influenciar*. Rio de Janeiro: Sextante, 2007.

CIALDINI, R. B. et al. Reciprocal concessions procedure for inducing compliance. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 31, n. 2, p. 206–215, 1975.

COWAN, N. The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 24, n. 1, p. 87–185, 2001.

COURSE REPORT. Bootcamp market size & demographics 2024. Disponível em: <https://www.coursereport.com/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow: a psicologia da experiência ótima*. Tradução de Eduardo Brandão. São Paulo: Cultrix, 1999.

DAMÁSIO, A. R. *Descartes' error: emotion, reason and the human brain*. New York: Putnam, 1994.

DATAREPORTAL. Digital 2024: Brazil. 2024. Disponível em: <https://datareportal.com/reports/digital-2024-brazil>. Acesso em: 12 abr. 2025.

DYSON, M. C.; HASSELL, D. Legibility and readability of small print: effects of font, line length, and leading. *British Journal of Psychology*, v. 95, n. 1, p. 41–61, 2004.

DUAN, Fanglei et al. *Short-term memory retrieval enhances brain functional connectivity*. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, [S.l.], v. 19, 2025. Artigo 1578415. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2025.1578415>. Acesso em: 11 jul. 2025.

DUNBAR, R. I. M. *Grooming, gossip and the evolution of language*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1998.

EBBINGHAUS, H. *Memory: a contribution to experimental psychology*. Tradução de Ruger & Bussenius. New York: Dover, 1964. (Obra original publicada em 1885).

EKMAN, P. *Emotions revealed: recognising faces and feelings to improve communication and emotional life*. New York: Times Books, 2003.

FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, v. 47, n. 6, p. 381–391, 1954.

GANNOUNI, S. et al. Software Usability Testing Using EEG-Based Emotion Detection and Deep Learning. *Sensors*, v. 23, p. 5147, 2023.

GILOVICH, T.; SAVITSKY, K.; MEDVEC, V. H. The illusion of transparency: biased assessments of others' ability to read one's emotional states. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 75, n. 2, p. 332–346, 1998.

GILOVICH, T.; VALLONE, R.; TVERSKY, A. The hot hand in basketball: on the misperception of random sequences. *Cognitive Psychology*, v. 17, n. 3, p. 295–314, 1985.

GILBERT, D. T.; WILSON, T. D. Prospection: experiencing the future. *Science*, v. 317, n. 5843, p. 1351–1354, 2007.

GRAY, C. M. et al. The Dark (Patterns) Side of UX Design. In: *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Proceedings...* ACM, 2018. p. 1-14. DOI: 10.1145/3173574.3174108.

HOLONIQ. Global ed-tech market outlook 2022–2026. 2022. Disponível em: <https://www.holoniq.com/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

IBGE. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal. Pesquisa PNAD Contínua, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

JEN, N. Design thinking is bullshit. Conferência 99U, 2017. Vídeo. Disponível em: <https://99u.adobe.com/videos>. Acesso em: 12 abr. 2025.

KAHNEMAN, D. Rápido e devagar: duas formas de pensar. Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science*, v. 185, n. 4157, p. 1124–1131, 1974.

KAHNEMAN, Daniel; REDLEMEIER, Donald A. Memórias dos pacientes sobre tratamentos médicos dolorosos: avaliações em tempo real e retrospectivas de dois procedimentos minimamente invasivos. *Dor*, [S. l.], v. 66, n. 1, p. 3–8, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(96\)02994-6](https://doi.org/10.1016/0304-3959(96)02994-6). Acesso em: 27 jun. 2025.

KOFFKA, K. Principles of Gestalt Psychology. New York: Harcourt, Brace, 1935.

KURZWEIL, R. The singularity is near. New York: Viking, 2005.

LEAL, D.; HOLZ, F. L. Silver Bullet: a influência da experiência sobre o efeito custo afundado. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

LENNIE, P. The cost of cortical computation. *Current Biology*, v. 13, n. 6, p. 493–497, 2003.

LINDQUIST, K. A. et al. The brain basis of emotion: a meta-analytic review. *Annual Review of Psychology*, v. 71, p. 1–26, 2020.

LUCHINS, A. S. Mechanization in problem solving: the effect of Einstellung. *Psychological Monographs: General and Applied*, v. 54, n. 6, p. 1–95, 1940.

MARKY, K. et al. Human Factors in Privacy Research. Cham: Springer, 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-28643-8.

MELCHER, C. R.; MONT'ALVÃO, C. R.; DAMAZIO, V. M. Proposta metodológica para medir emoções em contextos de experiência de uso de produtos digitais. *Projética*, Londrina, v. 16, n. 1, abr. 2024.

MOORE, G. E. Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*, vinventory. 38, n. 8, p. 114–117, 1965.

MURRE, J. M. J.; DROS, J. Replication and analysis of Ebbinghaus' forgetting curve. *PLoS ONE*, v. 10, n. 7, e0120644, 2015.

NIELSEN, J. Usability Engineering. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1995.

- NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Seattle: ACM, 1990. p. 249–256.
- NORMAN, D. A. The design of everyday things. Rev. ed. New York: Basic Books, 2013.
- NOSTA, J. The most important chart in 100 years. Medium, 7 dez. 2022. Disponível em: <https://johnnosta.medium.com/the-most-important-chart-in-100-years-1095915e1605>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- OCCAM, W. Summa Logicae. [S.l.]: [s.n.], c. 1323. (Citação interpretativa com base na Navalha de Occam).
- PARREIRA, D. Efeito Zeigarnik: a persistência mental de tarefas inacabadas. São Paulo: Neuroinsight, 2022.
- POSTEL, J. Transmission Control Protocol. RFC 793. Information Sciences Institute, University of Southern California, 1981.
- POSNER, M. I. Cognitive neuroscience of attention. 2. ed. New York: Guilford, 2012.
- QU, Q.-X.; DU, V. G. Editorial: Neuroscience and emotional design. Frontiers in Human Neuroscience, v. 19, p. 1591488, abr. 2025.
- RAMANZINI, F. A. As emoções como matéria-prima dos designers de experiência. 2010. Dissertação (MBA) — Universidade Paulista, São Paulo, 2010. Revisão 2022.
- RANKIN, Paul G. et al. A review of EEG and fMRI measuring aesthetic processing in visual user experience research. Frontiers in Human Neuroscience, Lausanne, v. 15, 2021. Art. 768143. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8702354/>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- RAPACZ, S.; KAIDA, K. Cognitive biases in UX design – what are they? Interaction Design Foundation, 2024. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- ROSS, L. The intuitive psychologist and his shortcomings: distortions in the attribution process. In: BERKOWITZ, L. (ed.). Advances in Experimental Social Psychology. v. 10. New York: Academic Press, 1977. p. 173–220.
- SHERWOOD, C. C. et al. Human V1 neuron density and its evolutionary stability. Cerebral Cortex, v. 30, n. 5, p. 3307–3321, 2020.
- SHI, X. et al. Product design driven by biosensors: Improving interactivity and user experience. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, v. 44, n. 3, p. 3595–3609, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/JIFS-240188>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- SPERLING, G. The information available in brief visual presentations. Psychological Monographs, v. 74, n. 11, 1960.
- SPOOL, J. UX: o retorno ao design investigativo. Keynote UX-LX, 2025.

- SWELLER, J. Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cognitive Science*, v. 12, n. 2, p. 257–285, 1988.
- THALER, R. H. Toward a positive theory of consumer choice. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 1, n. 1, p. 39–60, 1980.
- THALER, R. H.; SUNSTEIN, C. R. *Nudge: improving decisions about health, wealth, and happiness*. New Haven: Yale University Press, 2008.
- TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Availability: a heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, v. 5, n. 2, p. 207–232, 1973.
- VAN CAMP, M. et al. EEG Technology for UX Evaluation: A Multisensory Perspective. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, v. 7939, p. 181-196, 2019.
- WERTHEIMER, M. Laws of organization in perceptual forms. In: ELLIS, W. D. (ed.). *A source book of Gestalt psychology*. London: Routledge & Kegan Paul, 1938. p. 71–88.
- WESTIN, A. F. *Privacy and Freedom*. New York: Atheneum, 1967.
- WORCHEL, S.; LEE, J.; ADEWOLE, A. Effects of supply and demand on ratings of object value. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 32, n. 5, p. 906–914, 1975.
- ZAJONC, R. B. Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 9, n. 2, p. 1–27, 1968.
- ZUBOFF, S. *The Age of Surveillance Capitalism*. New York: PublicAffairs, 2019.

