Norbert Wiener e a cibernética: comunicação, autorregulação e organização dos sistemas vivos

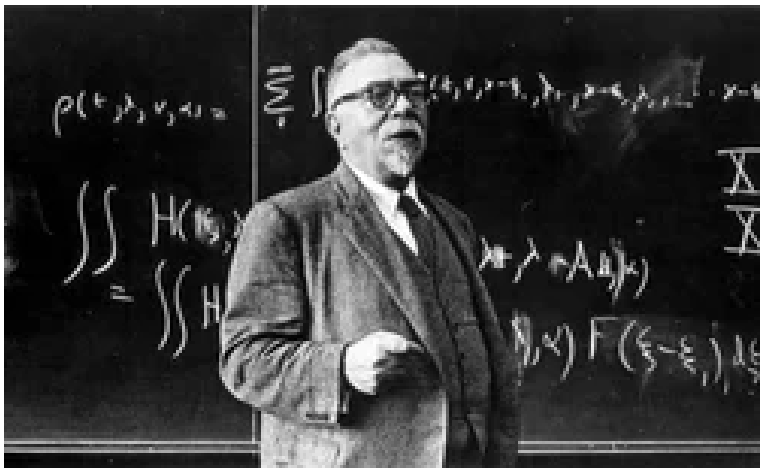


Figura 1 - Norbert Wiener em uma de suas palestras. Fonte: Wikipedia

Norbert Wiener (Columbia (Missouri), 26 de novembro de 1894 - Estocolmo, 18 de março de 1964) foi um matemático estadunidense, conhecido como o fundador da cibernética.[2][3]

A obra de Norbert Wiener ocupa posição central na constituição da cibernética como campo interdisciplinar dedicado ao estudo do controle e da comunicação em animais e máquinas. Publicado originalmente em 1948 e ampliado em sua segunda edição, de 1961, *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine* articulou problemas matemáticos, tecnológicos e biológicos em torno de conceitos como informação, retroalimentação, oscilação e autorregulação. Sua contribuição ultrapassou o domínio da engenharia ao propor instrumentos conceituais para investigar o funcionamento dos organismos e suas relações com o ambiente. [1]

Um antecedente importante desse programa encontra-se no artigo “Behavior, Purpose and Teleology”, publicado em 1943 por Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener e Julian Bigelow. Nesse trabalho, os autores examinaram comportamentos orientados a objetivos mediante relações entre entradas, saídas e mecanismos de retroalimentação. Essa abordagem permitiu investigar a aparente finalidade de determinados comportamentos sem recorrer, necessariamente, à atribuição de intenção consciente aos sistemas envolvidos. [2]

Embora estreitamente relacionadas, a cibernética e a teoria matemática da informação não devem ser confundidas. Enquanto o programa cibernético enfatiza as relações entre comunicação, controle e comportamento, a formulação de Claude Shannon, apresentada em 1948, estabeleceu fundamentos matemáticos para quantificar a informação e analisar sua

transmissão em canais sujeitos a ruído. As duas perspectivas oferecem instrumentos complementares para o estudo dos sistemas de comunicação. [3]

Na abordagem cibernética, a retroalimentação ocorre quando os resultados da atividade de um sistema influenciam seu comportamento subsequente. Sob condições apropriadas, esse mecanismo pode contribuir para corrigir desvios e manter variáveis dentro de limites compatíveis com o funcionamento do organismo. A homeostase corresponde, portanto, a uma regulação dinâmica, e não à ausência de mudança. O ruído pode comprometer esse processo ao perturbar a transmissão ou a interpretação dos sinais; sua presença, contudo, não implica necessariamente o colapso da regulação. [1]

A dimensão filosófica também integra o projeto de Wiener. Sua discussão sobre o tempo newtoniano e bergsoniano e suas reflexões sobre informação, linguagem e sociedade evidenciam a amplitude de suas preocupações. Suas críticas aos meios de comunicação de massa devem ser compreendidas nesse contexto intelectual, como uma reflexão sobre as condições sociais de circulação da informação, e não como uma lei universal demonstrada sobre o funcionamento das sociedades. [1]

Essa trajetória teve continuidade em *Cybernetics of the Nervous System*, publicado pela Elsevier em 1965 como o volume 17 da série *Progress in Brain Research*, sob a organização de Norbert Wiener e Johannes P. Schadé. Segundo o prefácio de Schadé, o projeto foi discutido com Wiener durante sua permanência em Amsterdã, no início de 1964. A coletânea reuniria contribuições de diferentes pesquisadores e seria dedicada à celebração de seu septuagésimo aniversário. Com sua morte, em março daquele ano, a homenagem foi convertida em um volume memorial. Trata-se, assim, de uma obra coletiva cuja preparação contou com sua participação, e não de um livro integralmente escrito por ele. [4]

O estudo contemporâneo da comunicação animal oferece exemplos de problemas que podem ser examinados por meio de conceitos próximos à tradição cibernética. Entre eles estão a sincronização de sinais luminosos e acústicos, a coordenação de atividades coletivas e as respostas a perturbações. Essa aproximação conceitual não autoriza, entretanto, a apresentar descobertas recentes como comprovações diretas de previsões específicas de Wiener.

Em determinadas espécies de vagalumes, a emissão de sinais luminosos apresenta padrões de sincronização coletiva. Pesquisas com *Photinus carolinus* documentaram a emergência de lampejos sincronizados em agregações naturais, com diferenças associadas à densidade dos indivíduos. Esses fenômenos podem ser investigados mediante modelos de interação entre osciladores e análises da organização espacial e temporal dos sinais. Nesse contexto, é necessário distinguir o comprimento de onda da luz emitida

da frequência e da fase de repetição dos lampejos: são propriedades físicas diferentes. A descrição do conjunto como uma simples “resultante senoidal” exige, portanto, um modelo explicitado e sustentado por dados. [5]

Fenômenos relacionados aparecem na comunicação acústica de anuros. Estudos com pererecas japonesas mostram que machos vizinhos podem alternar suas vocalizações, reduzindo a sobreposição dos sinais. Modelos matemáticos permitem investigar como essas relações temporais emergem das interações entre indivíduos. A organização do coro, contudo, não deve ser interpretada automaticamente como cooperação destinada à preservação da espécie: ela também envolve atração de parceiras e competição reprodutiva. [6]

As sociedades de formigas oferecem outro campo de investigação sobre organização coletiva. Nas formigas cortadeiras, os fragmentos vegetais transportados ao ninho são utilizados como substrato para o cultivo de fungos simbiontes. Esse sistema constitui uma associação especializada de produção e transformação de recursos alimentares, sendo mais preciso descrevê-lo como cultivo de fungos do que como simples armazenamento de folhas para produzir “mofo”. Também é necessário evitar afirmações absolutas sobre a alimentação desses insetos, pois operárias podem obter nutrientes líquidos diretamente dos vegetais. [7]

O cuidado de indivíduos feridos foi documentado em outras espécies de formigas e deve ser distinguido da agricultura praticada pelas cortadeiras. Em *Megaponera analis*, pesquisadores demonstraram a aplicação de secreções antimicrobianas em feridas infectadas, com redução da mortalidade. Em *Camponotus floridanus*, foram observadas amputações realizadas por companheiras de ninho, cuja ocorrência e eficácia dependem da localização da lesão. Esses resultados sustentam a existência de mecanismos sociais de cuidado e controle de infecções. Não demonstram, por si mesmos, alívio consciente da dor ou estados afetivos equivalentes à compaixão humana. [8–9]

A discussão sobre o cuidado pode ser estendida à evolução humana, desde que sejam respeitados os limites da evidência paleoantropológica. Em Dmanisi, na atual Geórgia, foram encontrados restos de um indivíduo do gênero *Homo*, datados de aproximadamente 1,77 milhão de anos, que havia perdido todos os dentes, exceto um, vários anos antes de morrer. A sobrevivência após essa perda dentária suscita questões sobre dieta, processamento de alimentos e eventual assistência de outros membros do grupo. Entretanto, o achado não comprova isoladamente a existência de compaixão ou de cuidados sistemáticos. Também não corresponde, conforme a descrição original, à demonstração de uma deficiência labial. [10]

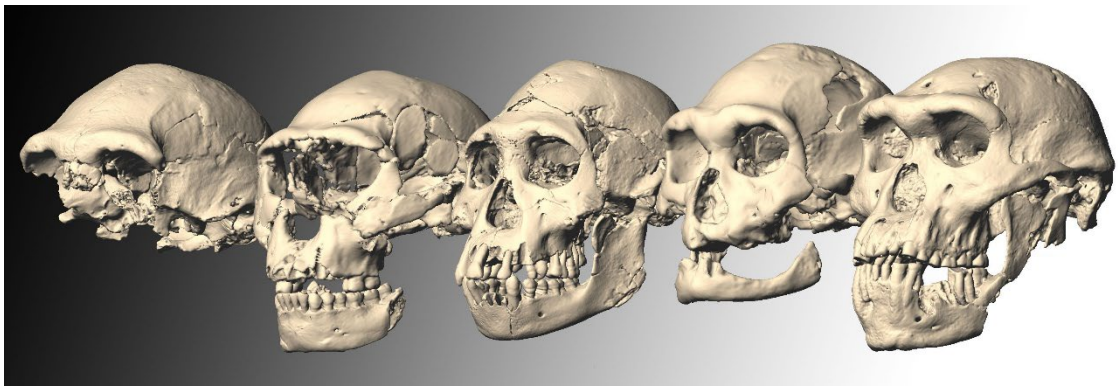


Figura 2 - Elementos fósseis dos achados encontrados em Dmanisi, atual Geórgia de restos de indivíduos do gênero *Homo*, datados de aproximadamente 1,77 milhão de anos. Um deles, que havia perdido todos os dentes, exceto um, é o quarto crânio da esquerda para direita.
Fonte: https://tokdehistoria.com.br/2013/11/02/fossil-do-caucaso-revela-nova-face-da-evolucao-humana/

A relação entre esses exemplos e a cibernética pode ser formulada como uma hipótese de trabalho: sinais e interações locais contribuem para a organização de comportamentos coletivos, cujos mecanismos precisam ser identificados em cada sistema. Sincronização, simbiose, tratamento de feridas e assistência social constituem fenômenos distintos, ainda que possam compartilhar problemas de comunicação e coordenação. O legado de Wiener oferece recursos para formular essas questões; a avaliação das respostas depende de observações, experimentos e modelos específicos.

Referências e indicações bibliográficas

1. WIENER, Norbert. *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*. 2. ed. 1961. Reedição: Cambridge, MA: MIT Press, 2019. Obra central para o estudo de retroalimentação, comunicação e autorregulação. Página da editora.
2. ROSENBLUETH, Arturo; WIENER, Norbert; BIGELOW, Julian. Behavior, Purpose and Teleology. *Philosophy of Science*, v. 10, n. 1, p. 18–24, 1943. Texto precursor sobre comportamento orientado a objetivos e retroalimentação. Texto do artigo.
3. SHANNON, Claude E. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, v. 27, p. 379–423 e 623–656, 1948. Referência fundamental para distinguir informação, significado e transmissão de sinais. Texto integral.
4. WIENER, Norbert; SCHADÉ, Johannes P. (org.). *Cybernetics of the Nervous System*. Amsterdam: Elsevier, 1965. *Progress in Brain*

Research, v. 17. O prefácio de Schadé documenta a preparação da homenagem e sua conversão em memorial. Volume digitalizado.

5. *Self-organization in natural swarms of Photinus carolinus synchronous fireflies*. *Science Advances*, 2021. Pesquisa experimental sobre sincronização em agregações naturais de vagalumes. Registro e resumo.
6. OTA, Kaiichiro; AIHARA, Ikkyu; AOYAGI, Toshio. Interaction mechanisms quantified from dynamical features of frog choruses. *Royal Society Open Science*, v. 7, art. 191693, 2020. Artigo.
7. *Metabolism of Plant Polysaccharides by Leucoagaricus gongylophorus, the Symbiotic Fungus of the Leaf-Cutting Ant Atta sexdens L.* Estudo sobre a transformação de recursos vegetais na associação entre formigas e fungos. Texto integral.
8. FRANK, Erik T. et al. Targeted treatment of injured nestmates with antimicrobial compounds in an ant society. *Nature Communications*, v. 14, art. 8446, 2023. Artigo.
9. *Wound-dependent leg amputations to combat infections in an ant society*. *Current Biology*, 2024. Pesquisa sobre amputações e tratamento de feridas em *Camponotus floridanus*. Registro e resumo.
10. LORDKIPANIDZE, David et al. The earliest toothless hominin skull. *Nature*, v. 434, p. 717–718, 2005. Artigo.

Nota

O achado destruído de Dmanisi, na Geórgia, correspondente aos crânios D3444 e sua mandíbula D3900, é um dos marcos mais importantes para o estudo da evolução humana.

Este indivíduo do gênero *Homo* (frequentemente classificado como *Homo erectus georgicus*) viveu há cerca de **1,77 milhão de anos** e apresenta uma característica única: ele perdeu quase todos os dentes. A reabsorção total do osso alveolar dos alvéolos demonstra que ele sobreviveu por vários anos nessa condição.

Significado Científico do Achado

- **Evidência de Comportamento Social e Cuidado Mútuo:** Sem dentes, o indivíduo não consegue mastigar alimentos duros ou fibrosos, como carne crua ou vegetais rígidos. Sua sobrevivência por anos sugere que outros membros do grupo o apoiassem, possivelmente processando o alimento (cozinhando, macerando ou cortando) ou compartilhando comida macia. Esta é considerada uma das evidências mais antigas de altruísmo e estrutura social complexa entre hominídeos.

- **Flexibilidade Alimentar:** O fóssil também indica que as populações de *Homo* primitivos tinham estratégias de subsistência flexível e capazes de usar recursos alternativos para sustentar membros vulneráveis do grupo.