

**SIMBIOSE HUMANO-MÁQUINA COMPUTACIONAL:
O LEGADO TECNOLÓGICO VISIONÁRIO DE LICKLIDER**

**HUMAN-COMPUTATIONAL MACHINE
SYMBIOSIS: THE VISIONARY TECHNOLOGICAL
LEGACY OF LICKLIDER**

DOI: 10.29327/5798915.1-7

*Walter Teixeira Lima Junior*¹⁶

RESUMO: O estadunidense Joseph Carl Robnett Licklider é reconhecido por moldar as bases da computação pessoal e da internet. Sua contribuição seminal, a Simbiose Humano-Máquina Computacional (proposta em 1960), era uma visão científica surpreendente para a época dos grandes *mainframes* e processamento em lote. Licklider propôs uma relação simétrica e cooperativa, tomando o conceito de simbiose da biologia para configurar sistemas que ampliam mutuamente as capacidades. Essa abordagem se diferencia da visão tradicional, que enxergava a máquina como uma extensão mecânica do homem, denominada de relação *master-slave*, influenciada pela Revolução Industrial e Cibernética. A simbiose se fundamenta na complementaridade: o poder intelectual efetivo da parceria superaria amplamente o de cada componente isolado. A divisão de trabalho estabelecia que o humano definiria os objetivos e hipóteses, enquanto a máquina executaria o trabalho rotineiro/algorítmico, como calcular e armazenar grandes volumes de informação. O legado de Licklider, que buscava libertar os humanos das tarefas enfadonhas para atividades criativas, permanece o paradigma filosófico-tecnológico que sustenta a pesquisa moderna, incluindo a Inteligência Artificial Generati-

¹⁶ Docente do Programa de Pós-graduação Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e líder do Grupo de Pesquisa Sistemas Cognitivos Artificiais e Robótica Social, walter.lima@unifesp.br.

va (*Foundation Models*). Eticamente, a visão de Licklider impõe que a tecnologia deve ser construída para aumentar a capacidade humana, e não para substituí-la ou aprisioná-la.

Palavras-chave: Simbiose Humano-Máquina Computacional; Inteligência Artificial Generativa; Filosofia da Tecnologia; Interatividade; Interdisciplinaridade.

Abstract: The American Joseph Carl Robnett Licklider is recognized for shaping the foundations of personal computing and the internet. His seminal contribution, “Man-Computer Symbiosis” (proposed in 1960), was a remarkable scientific vision for the era of large mainframes and batch processing. Licklider proposed a symmetrical and cooperative relationship, borrowing the concept of symbiosis from biology to configure systems that mutually amplify capabilities. This approach differs from the traditional view, which perceived the machine as a mechanical extension of man—termed a master-slave relationship—influenced by the Industrial Revolution and Cybernetics. Symbiosis is grounded in complementarity: the effective intellectual power of the partnership would vastly surpass that of each isolated component. The division of labor established that the human would define the goals and hypotheses, while the machine would execute the routine/algorithmic work, such as calculating and storing large volumes of information. Licklider’s legacy, which sought to free humans from tedious tasks for creative activities, remains the philosophical-technological paradigm underpinning modern research, including Generative Artificial Intelligence (*Foundation Models*). Ethically, Licklider's vision dictates that technology must be built to augment human capacity, rather than to replace or imprison it.

Keywords: Human-Computer Symbiosis; Generative Artificial Intelligence; Philosophy of Technology; Interactivity; Interdisciplinarity.

INTRODUÇÃO

O estadunidense Joseph Carl Robnett Licklider é considerado como “Johnny Appleseed¹⁷ da Computação”, devido a sua capacidade de semear ideias e executar projetos audaciosos. Licklider foi um visionário que moldou as bases da computação pessoal e da internet. Suas ideias inovadoras sobre a interação entre humanos e máquinas criaram um paradigma que transformou a forma como interagimos com a tecnologia.

Reconhecido como um pioneiro no desenvolvimento de reflexões sobre a relação entre humanos e computadores, Licklider foi além da simples oferta de dados por sistemas computacionais (Fano, 1998). Essa visão científica foi surpreendente na década de 1960, especialmente considerando o estado da tecnologia computacional da época – isto é, grandes *mainframes*, cartões perfurados e processamento em lote (*batch processing*) (Greitzer; Griffith, 2006).

A esperança é que, em poucos anos, cérebros humanos e máquinas computacionais estejam fortemente interligados, e que essa parceria resultante pense de uma forma como nenhum cérebro humano jamais pensou e processe dados de um modo nunca antes alcançado pelas máquinas de processamento de informação que conhecemos hoje (Licklider, 1960).

Licklider avança nas discussões e experimentos sobre Interação Humano-Computador (*Human Computer Interaction*), propondo uma nova forma de relação entre homem e computador: a simbiose. Ele tomou o conceito de simbiose da biologia. Essa abstração implica uma relação simétrica entre o humano e o computador, configurando sistemas que ampliam as capacidades e beneficiam mutuamente dois ou mais organismos, biológicos ou sintéticos.

Seu objetivo era aprimorar a relação simbiótica entre os parceiros humano e computador, necessária para auxiliar a atividade intelectual (Baron, 2011). Segundo Licklider, para

¹⁷ Johnny Appleseed é uma figura lendária estadunidense, baseada na vida real de John Chapman, conhecido por plantar macieiras pelo meio-oeste dos EUA, sendo um semeador ideais de paz e conservação.

melhorar o desempenho na relação entre homem e computador, o computador deve ser um participante ativo, e não apenas um dispositivo passivo de comunicação (Adel; Brangier, 2013). Ele previu que, em poucos anos, os seres humanos seriam capazes de se comunicar de forma mais eficaz por meio de uma máquina do que face a face, conforme escreveu em um artigo com Taylor (Licklider; Taylor, 1968), em uma época em que os computadores eram usados quase exclusivamente por cientistas.

Como precursor, ele antecipava a futura evolução da computação, que deixaria de ser apenas uma máquina para tornar-se uma parceira capaz de superar limitações humanas em uma multiplicidade de áreas. Para descrever essa relação intensa, Licklider utilizou a metáfora da simbiose para qualificar o vínculo entre humanos e tecnologia (Adel; Brangier, 2013).

O conceito de simbiose de Licklider também foi mencionado por outro cientista importante no estudo da relação humano-máquina para cooperação mutuamente benéfica: Douglas Engelbart. Engelbart analisou a viabilidade de construir uma superestrutura como uma extensão sintética da estrutura natural humana. Ao ampliar nossa inteligência, segundo ele, estamos aplicando o princípio da estruturação sinérgica que foi seguida pela evolução natural no desenvolvimento das capacidades humanas básicas. O que fizemos no desenvolvimento de nossos meios de ampliação foi construir uma superestrutura que é uma extensão sintética da estrutura natural na qual ela se baseia. Em um sentido muito real, representado pela evolução contínua de nossos meios de ampliação, o desenvolvimento da inteligência artificial vem ocorrendo há séculos (Engelbart, 1962).

A ideia central é como fazer um computador e uma pessoa pensarem juntos, compartilhando e dividindo a carga – algo que fundamenta a simbiose de Licklider, principalmente no contraste entre o heurístico e o algorítmico (Aspray, 1988). Quase sessenta anos após Licklider e Engelbart formularem suas visões, a maior parte dos impedimentos para uma relação frutífera com a máquina – isto é, barreiras técnicas ou econômicas – desapareceu (Schalk, 2008, p. 2).

Hoje, novos termos surgiram tentando demonstrar que as tecnologias atuais podem ser usadas em uma relação mútua entre homem e computador. Na era das *Foundation Models*, via a denominada Inteligência Artificial Generativa, nós criamos a tarefa, e o computador a executa e nos apresenta os resultados.

NA CONTRAMÃO DA TECNOLOGIA SUBORDINADA ÀS INTENÇÕES HUMANAS

O campo de Interação Humano-Computador (HCI) vem sendo pesquisado cientificamente ao longo dos últimos sessenta anos, embora sua primeira menção acadêmica tenha aparecido apenas em 1975. A HCI deriva de teorias sobre o comportamento humano ao utilizar máquinas computacionais. Muitas dessas teorias baseiam-se na visão da tecnologia como uma extensão mecânica do homem. Tipicamente, computadores são entendidos como ferramentas destinadas a tornar as pessoas mais produtivas em seus trabalhos (Griffith, 2005).

A tecnologia computacional serve aos propósitos humanos; em outras palavras, a tecnologia se subordina às intenções humanas. Essa visão tem como objetivo fazer com que as máquinas auxiliem o ser humano na tomada de decisão e na execução de tarefas. A ideia da máquina como extensão do homem tem origem na Revolução Industrial, período em que ocorreu a transição para novos processos de manufatura baseados em máquinas mecânicas. Na Revolução Industrial, as máquinas representavam a extensão do trabalho humano (relação mestre-servo). A cibernética também foi influenciada por essa forma de pensar ao criar sistemas de controle que consideravam a assimetria entre humano e máquina, nos quais o foco dos fatores humanos era a usabilidade (Griffith, 2005).

Essa é uma visão tradicional da interação humano-máquina, que considera apenas o fator de comunicação facilitada e ergonomicamente otimizada. Máquinas e sistemas computacionais são produzidos para cooperar na busca de soluções para problemas formulados. Assim, a relação entre máquina e humano é uma relação na qual a máquina se subordina aos desejos humanos.

Contrária a essa visão tecnológica, as reflexões de Joseph Carl Robnett Licklider direcionavam-se à cooperação mútua entre homem e computador – denominada simbiose homem-computador. A visão de Licklider permanece lógica e relevante atualmente. Seu trabalho é reconhecido como visionário ao propor um relacionamento simbiótico entre humanos e computadores. Como conceito, a simbiose homem-computador difere de maneira importante do que North chamou de “homem mecanicamente estendido” (Licklider, 1960).

Essa visão disruptiva tecnologicamente é fruto do conhecimento interdisciplinar adquirido e cultivado por Licklider, o qual construído ao longo de anos de estudo em ciências aplicadas, ciências naturais e ciências sociais. As conexões entre essas áreas permitiram a Licklider propor uma cooperação entre computador e ser humano, diferente da visão tradicional de interação humano-máquina, que considera apenas a otimização ergonômica da comunicação. Licklider percebeu que o computador e o ser humano podem trabalhar juntos. *Man-Computer Symbiosis* aborda principalmente ideias sobre como fazer o computador e a pessoa pensarem em conjunto, compartilhando e dividindo a carga – sobretudo no contraste heurístico *versus* algorítmico.

Entretanto, o pensamento interdisciplinar de Licklider começou a se estruturar academicamente em 1937, quando obteve três diplomas de bacharel pela Washington University, nas áreas de física, matemática e psicologia – uma combinação rara que o tornou um cientista interdisciplinar. Em seus estudos sobre psicoacústica, Licklider aproximou-se da biologia. Em 1951, publicou o artigo “Duplex Theory of Pitch Perception”, resultado de sua pesquisa de doutorado na University of Rochester, em 1942, considerado a base para modelos modernos na área de percepção sonora.

Seu pensamento interdisciplinar iniciado nos anos 1940 encontrou nos encontros multidisciplinares promovidos por Nobert Wiener, nos anos 1950, o ambiente propício para o desenvolvimento de suas ideias avançadas e projetos nos anos 1960.

SER HUMANO E MÁQUINA COMPUTACIONAL SE COMPLEMENTANDO

A visão de interação simbiótica entre ser humano e a máquina computacional digital, segundo Licklider, funcionaria no sentido da complementaridade:

Nós acreditamos que homem e computador se complementam, e que o poder intelectual de uma simbiose homem-computador efetiva irá ultrapassar amplamente o de cada componente isolado (Licklider; Clark, 1962).

Para essa complementariedade ser executada, Licklider elencou as características positivas de seres humanos e de máquinas computacionais neste processo de interação simbiótica. Assim, descreveu que o objetivo fundamental de projetar uma simbiose homem-computador é explorar essa complementaridade. A complementaridade surge das capacidades existentes entre os seres humanos e máquinas computacionais. Assim, Licklider formulou as áreas em que computador e humano desempenham tarefas melhor, a fim de criar um ambiente complementar:

- a. Definir metas e critérios – humano;
- b. Formular questões e hipóteses – humano;
- c. Selecionar abordagens – humano;
- d. Detectar relevância – humano;
- e. Reconhecer padrões e objetos – humano;
- f. Lidar com exigências imprevistas e de baixa probabilidade – humano;
- g. Armazenar grandes quantidades de informação – humano e computador;
- h. Recuperar informações rapidamente – humano e computador;
- i. Calcular rápida e precisamente – computador;
- j. Desenvolver progressivamente um repertório de procedimentos sem sofrer perdas por interferência ou falta de uso – computador (Licklider; Clark, 1962).

A complementaridade de Licklider pode ser baseada no conceito de sistemas acoplados, quando uma máquina pode ser acoplada a outra para formar uma única máquina.

O objetivo da “Simbiose Homem-Máquina” é, então, possibilitar o acoplamento confiável entre os humanos e suas informações “externas”, representadas por computadores digitais. Para alcançar esse acoplamento, foi necessário superar as barreiras de tempo e espaço, para que a simbiose pudesse operar como um processo único. Isso exigiu a invenção de ciclos de *feedback* com latência cada vez menor entre humanos e suas máquinas (Halpin, 2013).

A cibernética também entende que máquinas acopladas são de grande importância, porque cada máquina afeta a outra apenas ao afetar suas condições. Este é o mesmo princípio de Licklider para a simbiose homem-computador, onde dois organismos devem afetar um ao outro. Ashby (1957) afirmou que a complementaridade é uma propriedade fundamental das máquinas: elas podem ser acopladas. Duas ou mais máquinas completas podem ser acopladas para formar uma única máquina; e qualquer máquina pode ser vista como formada pelo acoplamento de suas partes, que podem ser entendidas como pequenas submáquinas. Esse acoplamento é de profunda importância científica, pois quando o experimentador conduz um experimento, ele está temporariamente acoplando-se ao sistema que estuda.

No entanto, Licklider criticou os argumentos de que algumas funções deveriam ser atribuídas a humanos e outras a máquinas. Ele classificou essa posição como “abordagem tradicional”, porque é particularmente insatisfatória: para que as funções principais envolvidas no trabalho com o corpo de conhecimento sejam realizadas de forma eficiente, é necessária uma ação sinérgica na qual humanos e máquinas participem juntos. A maioria dos esforços feitos durante a última década para definir “o que os humanos devem fazer” e “o que as máquinas devem fazer” falhou amplamente nesse ponto (Licklider, 1965).

Complementando essa aceitação, alguns estudos tentaram atribuir à tecnologia, ao usuário e ao contexto papéis

equivalentes na formação de uma relação especial – às vezes chamada acoplamento. Eles se concentraram no *feedback* e na co-construção entre os dois parceiros interativos. A noção de simbiose homem-computador (Licklider, 1960), inspirada na biologia, tem sido usada como ponto de partida, onde ambos simbioses – humano e tecnologia – beneficiam-se mutuamente de sua relação próxima. O objetivo dessa relação é combinar o melhor do humano e o melhor da tecnologia para ampliar as capacidades cognitivas humanas. Em sua visão, cada parceiro terá um papel na cooperação. Para Licklider, os usuários tenderão a preferir sistemas simbióticos que ampliem suas capacidades.

Embora máquinas operem por princípios muito diferentes do cérebro humano – porque os poderes e limitações de ambos são distintos –, juntas, a capacidade das máquinas e do ser humano se complementam, levando à possibilidade de que a combinação seja mais produtiva e poderosa do que cada um isoladamente (Norman, 1993).

No comentário de John Senders inserido no artigo *Subscribed Content Beyond Usability: The New Symbiosis* (Griffith, 2005), reforça-se a visão de que simbiose biológica envolve benefícios para ambos os membros da relação. Assim, usabilidade ótima não é simbiose. Uma conexão estreita entre usuários e computadores capaz de gerar benefícios para usuários é razoável – isso já existe quando existe usabilidade. Mas onde está o benefício para os computadores? Para que um computador se beneficie, ele deve ter metas e ser capaz de autoaperfeiçoamento ao tirar proveito da ligação com seres humanos (Griffith, 2005).

LICKLIDER E AS RAÍZES DAS FOUNDATION MODELS

A visão de Licklider tem a máquina computacional como uma extensão do cérebro, com o objetivo de buscar uma interação mais intuitiva entre a máquina e o cérebro. Nessa simbiose, o ser humano definiria os objetivos, formularia as hipóteses, determinaria os critérios e realizaria as avaliações (as tarefas heurísticas e formulativas). Já caberia à máquina computacional realizar o trabalho rotineiro (*routinizable*

work) necessário para preparar o caminho para *insights* e decisões (as tarefas algorítmicas) (Licklider; Taylor, 1968).

A meta de Licklider era libertar os humanos das tarefas rotineiras e enfadonhas, permitindo que eles se concentrassem em atividades criativas e inovadoras.

Mas, qual seria esse trabalho rotineiro? Dentro do pensamento de Licklider, mencionado acima, os itens g. Armazenar grandes quantidades de informação; h. Recuperar informações rapidamente; i. Calcular rápida e precisamente, seriam enquadrados nesse trabalho rotineiro.

Podemos ser apropriado reconhecer, neste ponto, que estamos a usar o termo “computador” para abranger uma ampla classe de máquinas de cálculo, processamento de dados e armazenamento e recuperação de informações. As capacidades das máquinas desta classe estão a aumentar quase diariamente. É, portanto, arriscado fazer declarações gerais sobre as capacidades da classe. Talvez seja igualmente arriscado fazer declarações gerais sobre as capacidades dos seres humanos. No entanto, certas diferenças genóticas na capacidade entre homens e computadores destacam-se, e elas têm uma influência sobre a natureza da possível simbiose homem-computador e o valor potencial de a alcançar (Licklider, 1960).

Assim, as máquinas computacionais devem facilitar o pensamento formulativo, ajudando os usuários a desenvolver e estruturar suas ideias de maneira mais eficaz. Isso implica não apenas em executar tarefas, mas em colaborar na criação de soluções inovadoras. A parceria simbiótica também visa permitir que humanos e computadores cooperem na tomada de decisões, especialmente em situações complexas onde a análise de dados e a criatividade humana são necessárias para chegar a conclusões eficientes.

Ao olharmos o desenvolvimento da tecnologia de *Foundation Model*, como modelo mestre ou uma base fundamental sobre a qual outras aplicações são construídas como as aplicações de Inteligência Artificial Generativa, percebe-se

que no seu cerne há semelhanças com as alusões contidas na Máquina de Turing e na visão de *Man-computer Symbiosis*, de Licklider, das máquinas computacionais “parecerem”, em certos fenômenos comportamentais e de linguagem, com o ser humano. Este “desejo” de tentar formalizar computacionalmente a linguagem humana possui décadas de desenvolvimento teórico e experimental.

O trabalho seminal de Shannon (1951), *Prediction and Entropy of Printed English*, estabeleceu as bases conceituais e teóricas que, décadas mais tarde, culminariam nos modernos *Foundation Models*, como o GPT-3 e outros modelos de linguagem de grande escala (*Large Language Models*).

As conexões entre o estudo de Shannon e a Inteligência Artificial Generativa atual são profundas, abrangendo desde a tarefa fundamental de previsão de texto até a maneira como esses sistemas lidam com a incerteza da linguagem. Em sua essência, o artigo de Shannon introduziu uma metodologia para estimar a entropia e a redundância da língua inglesa.

Para isso, ele propôs um experimento engenhoso: prever a próxima letra de um texto com base nas letras anteriores. Essa tarefa, aparentemente simples, revelou a riqueza de informações estatísticas contidas na linguagem e como o contexto influencia a previsibilidade.

Este ensaio científico de Shannon é citado em outro trabalho científico, *Long Range Constraints in The Statistical Structure of Printed English*, de Licklider e N.G. Burton, publicado em 1955. O ensaio focaliza na análise da redundância e previsibilidade da língua inglesa impressa, expandindo os conceitos da Teoria da Informação desenvolvidos por Shannon.

Outro encadeamento na busca da previsibilidade da próxima palavra, é o artigo *Trie Memory*, de 1960, de Edward Fredkin, Bolt Beranek e Newman. Este ensaio científico descreve um sistema de organização de memória inovador concebido para facilitar a recuperação de informações, visionando desenvolver programas de computador que podem ser conectados como as palavras e frases da fala para executar instantâ-

neamente a computação ou controle necessário. Este estudo utilizou como base o artigo do Shannon e do Licklider, citados acima. Que mostra uma rede de desenvolvimento e consolidação de um pensamento científico entre eles.

O artigo *Trie Memory* foi uma das bases para o pensamento seminal de J.C.R. Licklider sobre simbiose ser humano e máquina computacional, descrito no ensaio científico *Man-Computer Simbiose*.

A visão de parceria intelectual e de comunicação simétrica proposta por Licklider superou as limitações do modelo puramente técnico da Cibernética e se tornou o paradigma filosófico e tecnológico que sustenta a pesquisa moderna em *Cognitive Computing* e na interconexão global. Isso exige uma nova união entre Engenharia, Ciência da Computação, Ciências Cognitivas, Neurociências e Psicologia para concretizar totalmente a agenda de pesquisa proposta.

A conexão entre o pensamento seminal de J. C. R. Licklider sobre a Simbiose Homem-Máquina e as questões éticas que hoje cercam a Inteligência Artificial Generativa (IA Generativa) reside fundamentalmente na definição do papel do ser humano na parceria tecnológica e no acesso equitativo ao poder intelectual amplificado.

O foco ético de Licklider não era em proibições, mas sim em um imperativo de projeto: a tecnologia deve ser construída para aumentar a capacidade humana, e não para substituí-la ou aprisioná-la.

REFERÊNCIAS

- ADEL, Sonia; BRANGIER, Eric. Evolutions in the human technology relationship: rejection, acceptance and technosymbiosis. *IADIS International Journal on WWW/Internet*, 11(3):46-60, 2013.
- ASHBY, W. Ross. *An introduction to cybernetics*. second imp edition. London: Chapman & Hall Ltd, 1957.
- ASPRAY, William; KITCHER, Philip (ed.). *History and Philosophy of Modern Mathematics*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1988. 386 p. (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, v. 11)

- BARON, Shelly; ET AL. *A culture of innovation insider accounts of computing and live at BBN*. East Sandwich, MA: Waterside Publishing, 2011.
- BURTON, N. G.; LICKLIDER, J. C. R. Long-Range Constraints in the Statistical Structure of Printed English. *The American Journal of Psychology*, Urbana, v. 68, n. 4, p. 650-653, Dec. 1955.
- ENGELBART, Douglas C. Augmenting human intellect: conceptual framework. *Summary Report - Stanford Research Institute*, 49(3578):134, 1962.
- FANO, Robert M. Joseph Carl Robnett Licklider, 1915–1990. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Biographical Memoirs. Volume 75. Washington, DC: The National Academies Press, 1998. p. 191-214.
- FREDKIN, E. Trie memory. *Communications of the ACM*, p. 490-499, set. 1960.
- GREITZER, Frank L.; GRIFFITH, Douglas. A Human-Information Interaction Perspective on Augmented Cognition. In *Augmented Cognition International Conference*, São Francisco, 2006.
- GRIFFITH, Doug. Beyond Usability: The New Symbiosis. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, 13(3):30-34, June 2005.
- HALPIN, Harry. Social Semantics. In *Social Semantics: the search for meaning on the web*, volume 13 of Semantic Web and Beyond, pages 9-50. Boston, MA: Springer US, 2013.
- LICKLIDER, J. C. R. Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Eletronics*, pages 4-11, 1960.
- LICKLIDER, J. C. R. On-line man-computer communication. In *Proceedings of the May 1-3, 1962, spring joint computer conference on - AIEE-IRE '62 (Spring)*, pages 113-128, 1962.
- LICKLIDER, J. C. R. *Libraries of the future*. Boston: MIT PRESS, 1965.
- LICKLIDER, J. C. R.; TAYLOR, Robert W. The computer as a communication device. *Science and Technology*, (September):20-41, 1968.
- NORMAN, Donald A. *Things That Make Us Smart: Defending Human At- tributes in the Age of the Machine*. MA: Addison-Wesley, 1993.
- SCHALK, Gerwin. Brain-Computer Symbiosis. *J Neural Eng*, 5(1):1-28, 2008.
- SHANNON, C. E. Prediction and entropy in printed English. *Bell Syst. Tech. J.*, v. 30, p. 50-64, 1951.