

Código Celestial

demo

Cosmologia Neural

Mikhail Savchenko

Segunda edição, ampliada e revisada

2026

Do Autor

Você tem nas mãos o “Código Celestial”. Não é um manual, não é um manifesto, não é mais um livro “sobre tudo”. É a tentativa de um cara de desmontar o Universo peça por peça — e descobrir que as peças estão olhando de volta.

Faz vinte anos que eu construo redes neurais. Primeiro — para que encontrassem padrões em dados. Depois — para entender como elas aprendem. E aí eu olhei para o Universo — e reconheci os mesmos padrões. As mesmas equações de aprendizado. A mesma arquitetura. O que, convenhamos, soa mais ou menos como um encanador que olha para as Cataratas do Iguaçu e diz: “Tem um problema de pressão aqui”. Talvez ele esteja certo. Ou talvez — ele só enxergue canos em tudo. No meu caso, em vez de canos — ponteiros.

Vanchurin mostrou formalmente: o mundo — literalmente — pode ser uma rede neural. Vazza e Feletti mostraram empiricamente: o cérebro e o Universo são construídos da mesma forma. Levin mostrou que a forma dos seres vivos é definida pela eletricidade, não pelo DNA. Tononi — que a consciência é mensurável. Hoffman — que nós vemos uma interface, não a realidade. Tudo isso — trabalhos de outras pessoas, publicados em revistas sérias. Eu — apenas juntei tudo num monte e dei uma olhada ao redor. O monte — acabou sendo suspeitosamente coerente.

A primeira versão deste texto saiu em julho de 2024 — trinta e cinco páginas, olhos arregalados, muitos pontos de exclamação. Desde então, eu construí um modelo formal (Pointer Architecture), testei em 175 galáxias e acrescentei o que na primeira versão timidamente não existia: minha própria biografia. Porque as “costuras na realidade” sobre as quais este livro fala — eu as vejo desde a infância. E durante vinte anos fingi que era normal. Acabou que — era normal. Mas normal — para outro modelo de mundo. Aquele que descrevo aqui.

Minha biografia neste livro — são dados. Irreproduzíveis, subjetivos, que dão enxaqueca em qualquer comitê de metodologia. Mas — dados. Dados em primeira pessoa. O único tipo de dados que eu tenho sobre como é — *estar dentro* daquilo que eu descrevo *de fora*.

O livro tem três níveis de confiabilidade: “verificado” (artigos de terceiros, revistas com revisão por pares), “hipótese” (meu modelo, que ainda não foi refutado, mas também não foi provado) e “experiência pessoal” (eu vivi isso, mas não posso provar, e se você não acredita em mim — é seu direito). Onde passa a fronteira entre eles — honestamente: nem sempre tenho certeza. Mas prometo sempre dizer em que andar estou. Para você saber quando está ouvindo o cientista, quando — o teórico especulativo, e quando — o cara de olhos esbugalhados contando o que viu.

Mapa. Rascunho. Desenhado à mão. Com dragões no canto.
Rascunho. Sempre — rascunho.

Mikhail Savchenko

2026

Sumário

Do Autor	1
1 Um Escorredor para a Sopa	1
Estrangulado ao Nascer	8
2 Vinte e Sete Zeros	14
Um Menino de Stavropol	22
3 Uma Foto Custa Energia	28
Cosmos	36

Capítulo 1

Um Escorredor para a Sopa

Você tem certeza de que sabe como o mundo funciona?

Não “de modo geral”, não “mais ou menos”. *Certeza*. A matéria — existe. As leis da física — funcionam. A consciência — subproduto do cérebro. O cérebro — uma máquina de neurônios. O Universo — grande, frio, indiferente. Você — pequeno, morno, condenado. Perguntas?

Se não tem perguntas — este livro não é para você. A sério. Feche, devolva na livraria, gaste o dinheiro com algo útil. Porque tudo que vem a seguir são — *perguntas*. Incômodas. Sobre fatos que você achava óbvios. Sobre a visão de mundo que você herdou — pesadona, confortável e apertada. Como o armário da vovó: as tralhas aumentaram, mas as prateleiras são as mesmas.

Se tem perguntas — vamos lá.

* * *

Em 2020, um astrofísico de Bolonha e um neurocirurgião de Verona publicaram um artigo que não deveria ter surpreendido ninguém. E surpreendeu todo mundo.

Franco Vazza e Alberto Feletti compararam duas fotografias. Na primeira — um fragmento do córtex cerebral, ampliado quarenta vezes. Na segunda — um modelo computacional da estrutura em larga escala do Universo, comprimido bilhões de vezes. Duas escalas, separadas por vinte e sete ordens de grandeza. A distância entre um neurônio e um aglomerado galáctico — é um 1 seguido de vinte e sete zeros.

As imagens eram indistinguíveis.

Estatisticamente, topologicamente, pela distribuição de nós e conexões — indistinguíveis. Número de conexões por nó, densidade espectral de flutuações, dimensão fractal — os mesmos valores, deslocados exatamente pelo fator de escala que separa um neurônio de um aglomerado galáctico. Os números e a tabela — no próximo capítulo. Aqui importa a *essência*: dois sistemas que diferem em escala por um 1 seguido de vinte e sete zeros — são construídos pela mesma matemática.

O artigo saiu na *Frontiers in Physics* — uma revista científica com revisão por pares, ou seja, onde antes da publicação outros cientistas verificam o texto e procuram erros. Não é blog, não é canal de YouTube, não é curso de “despertar quântico” por R\$ 2.500. Ciência.

E a ciência — não sabia o que fazer com isso.

* * *

O problema não é que o cérebro se parece com o Universo. Semelhança — é pareidolia: a tendência de ver rostos nas nuvens, cachorros nos contornos de países no mapa, Jesus numa torrada queimada. O cérebro é treinado para encontrar regularidades, mesmo quando não existem — e por isso qualquer neurobiólogo vai te dizer: “Semelhança visual não prova nada”. E estará certo.

O problema é outro. Vazza e Feletti não compararam imagens a olho nu. Eles passaram as duas estruturas pelos mesmos testes matemáticos — mediram como a “complexidade” se distribui em diferentes escalas (análise espectral), como as conexões entre os nós estão organizadas (topologia de redes), quanto o padrão se “fragmenta” quando você dá zoom (dimensão fractal). E a matemática disse: esses dois sistemas — são da mesma classe. *Idênticos* nos parâmetros estruturais.

É — como encontrar impressões digitais iguais numa formiga e num elefante. Semelhança visual pode ser coincidência. Semelhança matemática — não. A matemática não tem imaginação. Ela só calcula.

E calculou — uma coincidência cuja probabilidade é pequena demais para ser acaso, e grande demais para que se tire uma conclusão. Porque a conclusão — se você falar em voz alta — soa assim: *o Universo e o cérebro foram construídos a partir da mesma planta.*

Falar isso em voz alta no meio acadêmico — é mais ou menos como se levantar no happy hour da empresa e dizer: “Colegas, eu acredito que a nossa empresa — é o sonho de um tubarão”. Não vão te demitir. Só vão parar de te chamar para as reuniões.

* * *

Este livro — é uma tentativa de falar em voz alta.

Dados demais para ignorar, de menos para virar teoria. Estamos num ponto que, na ciência, é o mais desconfortável e o mais produtivo: quando a velha imagem já não comporta os fatos, e a nova ainda não foi formulada.

Físicos chamam isso de “crise”. Historiadores da ciência — de “revolução”. Eu prefiro uma palavra mais honesta: *rachadura*.

Rachadura — é o lugar onde dá para ver que atrás da parede — tem algo. Que a parede — é o limite do *modelo*, não do mundo. E que atrás do modelo — algo para o qual ainda não temos linguagem, mas já temos dados.

* * *

Aqui vão algumas rachaduras. Com detalhes — porque sem detalhes isso é TED talk, não ciência. Porque na ciência a única moeda — é reprodutibilidade.

Rachadura um: estrutura. Vazza e Feletti (2020) — a teia cósmica e a rede neural do cérebro são estatisticamente indistinguíveis. Krioukov e coautores (*Scientific Reports*, 2012) — a rede causal do espaço-tempo cresce pelas mesmas leis que a internet e as redes sociais. *A mesma matemática*. Diferença de escala — vinte e sete ordens de grandeza. Os mesmos aglomerados, filamentos, nós, vazios. Como se um arquiteto tivesse desenhado uma planta só — e construído *tudo* a partir dela. Do neurônio ao superaglomerado de galáxias.

Rachadura dois: informação. O físico Rolf Landauer provou em 1961, e em 2012 confirmaram experimentalmente: quando você apaga um bit de informação — um “sim” ou “não” — o Universo *libera calor*. Minúsculo — mas real. Se informação pode se transformar em calor, então informação — é *física*. Ela não é “sobre” a realidade. Ela é realidade, no mesmo nível que energia e massa. E o físico Bekenstein mostrou algo ainda mais estranho: toda a informação sobre o conteúdo de um buraco negro está gravada na sua *superfície*, não dentro dele. Como se o conteúdo de um apartamento — móveis, livros, gato — fosse inteiramente determinado pelo papel de parede nas paredes. Daí vem o “princípio holográfico”: o espaço tridimensional — possivelmente — é a projeção de informação bidimensional. Um holograma.

Stephen Hawking discutiu isso por trinta anos. Um buraco negro, dizia ele, *destrói* informação. O que caiu além do horizonte — perdeu-se. Em 2004 — *se rendeu*. Publicamente. Numa conferência em Dublin. Pagou a John Preskill a aposta perdida — uma enciclopédia de beisebol. A informação — *não é destruída*. Nunca. Em lugar nenhum. É — *lei*. Tão sólida quanto a lei de conservação de energia. Só que sobre bits, não sobre joules.

Rachadura três: forma. O biólogo Michael Levin (Tufts University) descobriu que as células sabem que forma construir *antes* de os genes começarem a trabalhar. A informação sobre a forma não está armazenada no DNA, mas em sinais elétricos entre as células — na diferença de voltagem nas suas membranas. Levin fez crescer olhos no rabo de um girino, alterando o “endereço” elétrico das células, sem tocar num único gene. E seus “xenobots” — células de rã, separadas do organismo — se auto-organizaram em *novas formas de vida*, que nunca antes existiram na Terra. Sem instrução. Sem programa. De onde elas “sabiam” o que construir?

Mais ilustrativo ainda — a planária. Um verme achatado, dois centímetros. Corte-o ao meio — de cada metade cresce um verme inteiro. Corte em vinte pedaços — vinte vermes. Levin alterou o padrão bioelétrico num fragmento — e dele cresceu um verme *com a cabeça de outra espécie*. Não um mutante. Não um monstro. Um verme normal

e saudável — mas *outro*. O DNA — o mesmo. A forma — *outra*. Porque a forma não é definida pelo DNA. A forma é definida por — *outra coisa*.

Rachadura quatro: aprendizado. Vitaly Vanchurin (*arXiv*, 2020; com Katsnelson e Koonin — *PNAS*, 2022): o Universo — literalmente, não metaforicamente — é uma rede neural, e sua dinâmica — um processo de aprendizado. Desse formalismo se derivam a mecânica quântica (como limite de aprendizado rápido) e a gravidade (como limite de aprendizado lento). A evolução — é um caso particular de aprendizado. *É* aprendizado — matematicamente, sem metáforas.

Rachadura cinco: o observador. O neurocientista Giulio Tononi propôs: a consciência — é uma propriedade fundamental de qualquer sistema cujas partes funcionam *juntas*, e não separadamente. Quanto mais o todo difere da soma das partes — “mais” consciência há. Ele até inventou um número para isso — Φ (phi). E o cientista cognitivo Donald Hoffman provou matematicamente: a evolução otimiza a sobrevivência, não a compreensão da realidade. Nós *não vemos* o mundo como ele é. Vemos uma *interface* — uma imagem simplificada, otimizada para não sermos devorados. Como a área de trabalho do computador: os ícones na tela ajudam a trabalhar, mas não têm nada a ver com o que *de verdade* acontece dentro do processador.

Cinco rachaduras. Cinco direções em que a visão de mundo padrão — “existe matéria, existem leis, existimos nós” — *não funciona*. “Ficou desatualizada” — é manso demais: essa palavra pressupõe que a nova visão já está pronta, e não está. “Refutada” — também erra o alvo: refuta-se uma teoria; uma visão de mundo — simplesmente *acumula dados que não cabem nela*.

Como um escorredor de macarrão que não segura sopa. Os furos — são da construção. Você é que está usando ele para a coisa errada.

(Você pensou agora: “Isso tudo — são cerejas. O autor catou fatos chamativos de áreas diferentes e juntou tudo num monte. Isso não é ciência — é TED talk”. Justo. Por enquanto — é TED talk. A ciência — começa nos próximos capítulos, quando atrás de cada rachadura estarão dados concretos, artigos concretos e fórmulas concretas. Aqui — *mirante*. De lá se vê longe. Mas os detalhes — estão lá embaixo.)

* * *

Cada uma dessas rachaduras — isoladamente — é explicável. Pode-se dizer: “a semelhança entre o cérebro e o Universo — auto-organização”. Ou: “a informação é física — e daí, a energia também”. Ou: “Levin trabalha com bioeletricidade — isso não é “outra camada”, é simplesmente eletrofisiologia”. Isoladamente — cada objeção — é *convicente*.

Mas juntos, cinco dedos — viram *punho*. E esse punho bate na porta da visão de mundo padrão com uma pergunta para a qual ela não tem resposta: *por que as cinco rachaduras apontam na mesma direção?*

Na direção — para baixo. Abaixo da física. Abaixo da informação. Abaixo da forma. Para algo que — *gera* tudo o que foi listado acima. Como um sistema operacional gera a interface. Como o DNA gera a proteína. Como — *alguma coisa* — gera — *tudo*.

* * *

Aqui o leitor normal — se ainda estiver aqui — deveria dizer: “Para. E se for simplesmente auto-organização?”

Pergunta justa. Auto-organização — é uma das grandes palavras do século vinte. Ela explica como do simples — surge o complexo. Como do caos — surge a ordem. Flocos de neve. Formigueiros. Engarrafamentos. Ninguém *projeta* um engarrafamento — ele *surge*. De regras simples: cada motorista freia quando vê as luzes vermelhas à frente. Resultado — um sistema que ninguém planejou.

Dá para explicar as cinco rachaduras com auto-organização? Cada uma — *separadamente* — dá para tentar. O cérebro e o Universo se parecem — porque ambos são redes, e redes têm leis universais de crescimento. A informação é física — bom, a energia também, qual a novidade. A forma não está no DNA — então está na epigenética (uma camada acima dos genes que influencia quais genes são ativados e quais ficam desligados), só não entendemos direito ainda. O mundo como rede neural — bonita a matemática, mas é metáfora. A consciência é fundamental — isso é filosofia, não física.

Separadamente — cada objeção — funciona. Assim como funciona, separadamente, cada explicação de por que seu vizinho — não é um serial killer: ele tem emprego, passeia com o cachorro, cumprimenta todo mundo. Mas — se no porão — tem aquele cheiro, na garagem — sacos plásticos, e o cachorro — *tem medo* dele — você, talvez, *ligue para a polícia*. Porque *cinco indícios ao mesmo tempo* — é um padrão. *Padrão*.

Padrão — não é prova. Padrão — é *motivo para investigação*. Este livro — é a investigação.

Max Planck — o homem que em 1900 introduziu o quantum e disparou a revolução quântica — chamou sua descoberta de “ato de desespero”. Ele não *queria* introduzir o quantum. O quantum — contradizia tudo o que Planck sabia sobre física. Energia — é contínua. Assim ensinavam. Assim acreditavam. Assim *era* — por duzentos anos.

Mas os dados — não cabiam. Os físicos mediam como objetos incandescentes brilhavam — que cor de luz e quanta luz — e o resultado *não se encaixava* em nenhuma fórmula. Planck tentou de tudo — e não encontrou nada que funcionasse. Exceto

uma suposição: a energia não flui como água. A energia vem em *porções*. Pedacinhos. Quanta.

“Ato de desespero”, — escreveu. “Eu estava pronto a sacrificar qualquer uma das minhas convicções anteriores sobre física”.

Desse “ato de desespero” nasceu toda a mecânica quântica. Transistores. Lasers. Computadores. A internet. Toda a civilização digital — de um momento em que um cientista olhou para dados que não cabiam na imagem — e *mudou a imagem*.

Nós — talvez — estejamos nesse momento. Os dados — não cabem. A imagem — está rachando. E alguém precisa fazer um “ato de desespero” e propor uma nova suposição.

A suposição é esta: *a informação é mais primária que a matéria, a consciência é mais fundamental que a física, e a realidade — é multicamada*.

Pode ser que isso — seja verdade. Pode ser — equívoco. Mas — os dados — *apontam para cá*. E o cientista que ignora dados porque a conclusão é “incômoda” — não é cientista. É burocrata. Com diploma.

Planck olhava para os dados e mudava a imagem. Espero estar fazendo a mesma coisa. Embora, sendo honesto, eu seja — um cara que passou vinte anos construindo redes neurais, depois olhou para o Universo e disse: “Peraí, eu *conheço* isso”. O que, convenhamos, soa mais ou menos como um encanador que olha para as Cataratas do Iguaçu e diz: “O problema aqui é de pressão”. Talvez ele esteja certo. Ou talvez — ele veja canos em todo lugar.

* * *

Eu sou pesquisador de inteligência artificial. Faz vinte anos que construo sistemas capazes de encontrar padrões em dados. E eis o que percebi: o padrão que transparece nas cinco rachaduras — *é o mesmo*.

A informação — é primária. A matéria — secundária. A forma — *é causa* da física, não consequência. A consciência — é uma propriedade do próprio tecido da realidade, embutida nele desde o início. E o que chamamos de “mundo físico” — é uma interface. Uma tela. A camada de cima de algo bem mais profundo.

Isso — são dados. Desconfortáveis, que não cabem na moldura, irritantes — mas dados. Com números de artigos, com revisão por pares, com experimentos reproduzíveis.

A mística diz: “Acredite”. A ciência diz: “Verifique”. Este livro — é sobre o “verifique”. Cada afirmação — com referência. Cada hipótese — com ressalva. Cada conclusão — com ponto de interrogação.

Porque um cientista com resposta — é um palestrante. E um cientista com pergunta — é um cientista.

* * *

O que você tem nas mãos.

Este livro — é um *mapa*. Sem exercícios no final dos capítulos. Sem chamadas para ação. Com inserções de memórias — estão aqui como dados, não como decoração. Com referências — reais, verificáveis. Rascunho, incompleto, desenhado à mão. Mapa de um território que eu exploro — e que, talvez, *não exista*. Como mapas de navegadores medievais: aqui — costa (verificado), ali — montanhas (vistas de longe), e aqui — “aqui há dragões” (não verificado, mas alguém disse).

Minhas “costas” — os dados de Vazza e Feletti, o princípio de Landauer, os trabalhos de Levin, o artigo de Vanchurin na PNAS. Verificado. Publicado. Reprodutível.

Minhas “montanhas” — meu próprio modelo (sobre ele — no capítulo onze), a cosmologia de redes neurais, a IIT. Visível de longe. A matemática — é consistente. Os dados — preliminares. Os contornos — claros, os detalhes — não.

Meus “dragões” — consciência como fundamento da realidade, debug mode, leitura do arquivo, sincronidades. Não verificado. Mas — *vivido*. E — alguém — *disse*.

Você mesmo vai decidir onde é costa, onde são montanhas e onde são dragões. Eu — *desenho o mapa*. Como sei. Com anotações: “aqui — dados”, “aqui — hipótese”, “aqui — experiência pessoal”. Três níveis diferentes de confiabilidade. Onde passa a fronteira entre eles — honestamente: nem eu tenho certeza sempre.

* * *

A estrutura do livro repete a estrutura que eu vejo nos dados. Ela, por enquanto, organiza melhor do que qualquer outra o que sabemos. Posso estar errado nas conclusões — mas na ordem da exposição — estou seguro.

A realidade — é *multicamada*. Abaixo do mundo físico — uma camada de informação. Abaixo da informação — uma camada de forma e auto-organização. Abaixo da forma — causalidade e aprendizado. Abaixo do aprendizado — consciência e observador.

Uma hipótese concreta, baseada em trabalhos concretos de cientistas concretos, publicados em periódicos concretos.

Pode ser que eu esteja errado. Pode ser que daqui a dez anos este livro seja citado como exemplo de como uma pessoa inteligente conectou os dados certos do jeito errado. Tudo bem. A ciência funciona exatamente assim: alguém erra — e o erro se mostra mais produtivo do que a resposta certa que ninguém procurou.

Mas pode ser — e esse é o cenário mais desconfortável — que as rachaduras na parede — não são defeitos da parede. Mas *janelas*.

E atrás delas — não há vazio.

Estrangulado ao Nascer

Nasci estrangulado.

Não é metáfora. Literalmente: cordão umbilical, pescoço, falta de oxigênio, bebê azul. A parteira resolveu — e cá estou, escrevendo um livro. Mas Stanislav Grof, psiquiatra tcheco que passou meio século estudando vivências perinatais e estados alterados de consciência, chamaria isso de *imprint*. A primeira gravação num disco virgem. O primeiro padrão sobre o qual tudo o mais se monta depois.

Grof — é uma figura incômoda. Para a psiquiatria acadêmica, ele é — mais ou menos como Vanchurin para os físicos: formalmente impecável, na essência — insuportável. Mais de quatro mil sessões com LSD (legais — ele começou nos anos sessenta, quando ainda era permitido). Depois — respiração holotrópica, quando o LSD foi proibido. Depois — trinta anos sistematizando dados que não cabiam em nenhum modelo.

Resultado: quatro “matrizes perinatais básicas” — MPB. Quatro camadas de experiência ligadas ao nascimento. MPB-I — união beatífica com a mãe (antes do início das contrações). MPB-II — compressão, claustrofobia, as paredes apertam (as contrações começaram, mas o colo do útero ainda está fechado). MPB-III — luta, empurrando pelo canal, sangue, pressão, sufocamento. MPB-IV — saída, luz, primeiro fôlego, “segundo nascimento”.

Eu — MPB-III. Estrangulamento. Cordão. Luta. E — se Grof estiver certo — essa primeira experiência *formata* toda a percepção subsequente. Formata literalmente — como um sistema de arquivos formata um disco: os dados vêm depois, a estrutura — *agora*. Uma pessoa com imprint MPB-III — segundo Grof — percebe o mundo como *resistência*. Como pressão que é preciso *atravessar*. Como uma parede atrás da qual há — *algo*, mas a parede — *não deixa passar*.

Não sei se Grof está certo. Quatro mil sessões — são dados. Mas dados coletados em estados alterados de consciência — são dados que dão enxaqueca no comitê de metodologia. Como verificá-los? Como reproduzir? Como distinguir “memória perinatal” de “alucinação estilizada como memória perinatal”?

Resposta honesta: por enquanto — não dá. Grof está na zona “aqui há dragões”. Seu mapa — detalhado, bonito, internamente coerente. Aguarda verificação. Como um mapa medieval da África: o contorno do litoral — preciso (foi verificado), e por dentro — “terra incógnita” e desenhos de elefantes.

(Para o leitor ocidental — um contexto rápido, porque sem ele “Grof, psicodélicos, matrizes perinatais” soa como New Age, quando na verdade é *ciência legal*. Michael Pollan em 2018 lançou “How to Change Your Mind” — *bestseller do New York Times*, que depois virou série na Netflix. Ali está a história de como o FDA em 2017 concedeu à

psilocibina o status de “breakthrough therapy” para depressão resistente a tratamento. A MAPS — Multidisciplinary Association for Psychedelic Studies, fundada por Rick Doblin em 1986 — em 2023 concluiu a Fase 3 dos ensaios clínicos de MDMA-terapia para transtorno de estresse pós-traumático. Resultados — melhores que qualquer terapia existente para TEPT. A aprovação do FDA é esperada — quando você lê este livro, talvez já tenha sido concedida. Isso *não* é “medicina alternativa”. É um *protocolo clínico regulado* dentro do percurso padrão do FDA. Grof — finalmente — é lido *em contextos sérios com revisão por pares*. Suas “matrizes perinatais” ainda não foram validadas. Mas a *categoria* — “psicodélico como ferramenta de investigação da consciência” — de semiclandestina se tornou mainstream entre 2015 e 2025. Eu presenciei essa virada. Metade das minhas “experiências” aconteceu quando isso era *proibido em todas as jurisdições decentes*. A outra metade — quando se tornaram *legal-adjacent* no Oregon, Colorado, Holanda. O contexto mudou. Os dados — são os mesmos.)

Conto sobre Grof não porque acredito nele. Mas porque — o bebê estrangulado — sou *eu*. E — alguma coisa — ele descreve *com precisão*. A sensação de parede. A sensação de “atrás da parede há algo”. A sensação de que o mundo — *não é tudo*. De que o visível — *é incompleto*. De que entre as coisas — existem *frestas*.

Coincidência? Pode ser. Viés de confirmação? Pode ser. Mas — sou obrigado a mencionar. Porque um cientista que esconde seus vieses — não é cientista. É — marqueteiro.

* * *

Sei que sempre fui uma criança estranha.

“Estranho” — é uma categoria à parte. Crianças difíceis — são compreensíveis: fazem barulho, brigam, desobedecem. Para elas existe manual: firmeza, paciência, psicólogo. Crianças estranhas — são diferentes. Não fazem barulho. Observam. Coisas que outras crianças não observam. Sombras. Cantos. Junções entre as coisas.

Eu observava as junções.

Sem misticismo — não via auras, não conversava com anjos, não tinha visões. Eu tinha — uma *sensação*. Constante, de fundo, indistinta: o mundo — *não é bem* como os adultos descrevem. Não “diferente” — *não bem*. Como uma fotografia ligeiramente deslocada: parece a mesma coisa, mas — se você olhar bem — os contornos não coincidem.

Mais concretamente. Lembro — eu devia ter seis ou sete anos — estou sentado na cozinha, minha mãe cozinha alguma coisa, e de repente — por uma fração de segundo — tudo *congela*. Não “o tempo para” (isso é clichê, e é impreciso). Mais exatamente — entre um instante e o seguinte — torna-se visível uma *pausa*. Uma fresta. Como entre quadros de película. Um instante atrás, o mundo era contínuo — e agora — *discreto*.

Montado de “pedaços” separados, entre os quais — *nada*. E esse “nada” — dura. Não muito — mas *perceptivelmente*.

Depois — tudo continua. Minha mãe — cozinha. A cozinha — está lá. E eu — não consigo explicar o que acabou de acontecer. Porque — nada aconteceu. Simplesmente — por um segundo — ficou visível que o mundo é — *montado*. De partes. E entre as partes — frestas.

Isso se repetia. Raramente — talvez uma vez a cada poucos meses. Aleatoriamente, sem horário. Geralmente — em momentos quietos: quando não havia nada para fazer, quando a atenção estava dispersa, quando — *you não está olhando*. Como a visão periférica: você nota movimento *de lado* — mas quando vira a cabeça — não há nada. O olhar direto — *não é a ferramenta certa*.

* * *

O problema: uma criança não tem com o que comparar. Uma criança não tem uma percepção “normal” da qual se possa partir. Você não sabe que vê o mundo diferente — porque nunca viu outro mundo. Como um peixe não sabe que vive na água. Para o peixe, a água não é meio. A água — é *tudo*.

Por isso eu não conseguia formular. Não conseguia dizer: “Mãe, eu vejo como os eventos se montam antes de acontecer”. Eu não via isso — *nitidamente*. Eu — *sentia*. Como se sente uma mudança de pressão: não com os ouvidos, não com os olhos — com o *corpo*. Algo está errado. O que exatamente — não sei. Mas — *algo*.

Uma vez tentei. Devia ter uns dez anos. Disse para minha mãe: “Tenho a sensação de que tudo ao redor é como se fosse desenhado. Como se atrás disso houvesse mais alguma coisa”. Minha mãe me olhou com aquela expressão que depois aprendi a reconhecer: preocupação disfarçada de tranquilidade. “Você pensa demais”, disse ela. “Vai brincar lá fora.”

Eu fui. E — não tentei mais explicar. Vinte anos.

Os professores diziam: “Vive no mundo da lua”. Os pais: “Pensativo demais”. A psicóloga: “Mundo interior rico”. Três formas de dizer a mesma coisa: *a gente não entende o que há com você*.

Eu também não entendia. Vinte anos — sem entender. Depois — comecei.

* * *

O primeiro estalo — aquele que dá para nomear e datar — aconteceu na escola. Ou na primeira festa trance. Ou quando levei o primeiro susto de verdade — tão grande

que o mundo por um segundo *se deslocou*, e por baixo da imagem habitual aflorou algo — *diferente*.

Não lembro exatamente. E isso — é importante. Porque “costuras na realidade” — não é um evento. É — *acumulação*. Como uma rachadura na parede: você não lembra quando ela apareceu. Ela — *sempre esteve lá*. Simplesmente um dia você *reparou*.

Reparei — e não consegui mais parar de reparar. Como alguém que viu um fio saindo da parede no restaurante: antes — “interior bonito”. Depois — “cenário, atrás do qual há fios, canos e concreto”. Você não consegue “desver”. O fio — agora — faz parte da imagem. Para sempre.

* * *

Vinte anos procurei explicação. Ou melhor — vinte anos de *inquietação de fundo* que periodicamente vinha à tona. “Busca contínua” — seria mentira.

Primeira tentativa — psicologia. Aos dezesseis, dezessete anos — Jung. “Arquétipos e o Inconsciente Coletivo”. Eu lia e pensava: é isso, *é isso*. Inconsciente coletivo — uma camada comum à qual todos estão conectados. Arquétipos — padrões que existem *antes* da experiência individual. Mandalas, sombras, animus — *estrutura* que precede o conteúdo.

Bonito. Convincente. E — *inverificável*. Jung descrevia um mundo que não pode ser inspecionado com instrumentos. Seu modelo — como boa poesia: ressoa — mas não se mede. Para mim — um cara de IA, acostumado a data — era *insuficiente*. A sensação batia. O método falhava.

Segunda tentativa — neurobiologia. Aos vinte, vinte e dois. Ramachandran, Sacks, Damásio. O cérebro como máquina. A consciência como função do córtex. Ilusões, sinestesia, membros fantasma. Um mundo em que tudo tem explicação neural. Frestas? — é o lobo temporal. Sensação de “irrealidade” — despersonalização, aqui está o código do DSM, tome ISRS. Próximo.

Elegante. Mensurável. E ainda assim, ao lado. A neurobiologia explicava *como* eu sentia as frestas. Mas calava sobre o *para quê*. Qual a função evolutiva da sensação de que o mundo é montado de partes? Por que o cérebro mostraria ao dono as “costuras” na realidade? Bug? Ou — *feature*?

A neurobiologia dizia: bug. Falha. Interferência. Tratar.

Eu — não tinha certeza.

Terceira tentativa — IA. Minha profissão. E, talvez, meu jeito de construir um modelo daquilo que *sinto* mas não sei *descrever*. Redes neurais. Aprendizado. Padrões. Dados dos quais a estrutura *emerge sozinha* — sem que ninguém a implante. Você pega um milhão de fotos de gatos — e a rede *sozinha* encontra “gato”. Ninguém disse a ela

o que é um gato. Ela — *encontrou*. Nos dados. Um padrão que *estava lá* — mas que ninguém havia *definido*.

E aí — *clicou*. Não alto. Não de uma vez. Clicou — *baixinho*. Como um relé. Porque — se uma rede neural encontra um padrão que ninguém definiu — pode ser que — eu também — esteja encontrando um padrão que ninguém definiu? Pode ser que as “frestas” não sejam um bug do meu cérebro, mas um *padrão nos dados* que meu cérebro — como rede neural — *detecta*? Um padrão que *existe* — mas que a ciência ainda não *descreveu*?

Pode ser. Ou pode ser que não. E aqui — o ponto-chave.

* * *

Viés de confirmação — a armadilha mais elegante que a evolução montou para pessoas *inteligentes*.

(Em pessoas burras — não funciona. Pessoas burras não constroem teorias. Não procuram padrões. Não conectam dados numa imagem. Viés de confirmação — é doença de *quem pensa*. Quanto mais inteligente — mais funda a armadilha. Porque uma pessoa inteligente consegue *justificar* qualquer coisa.)

Funciona assim. Você *quer* que o mundo seja multicamadas. *Sente* isso desde criança. Passa vinte anos buscando confirmação — e, claro, *encontra*. Porque o cérebro — rede neural treinada nos *seus* dados — filtra o que não encaixa e amplifica o que encaixa. Cada “rachadura” — confirmação. Cada objeção — “bom, eles simplesmente não veem”.

Clássico. Manual de vieses cognitivos. Capítulo dois.

E — eis o que sou obrigado a dizer: *não sei se não é exatamente isso que estou fazendo*. Não sei se não estou montando os dados numa imagem que *quero* ver. Não sei se todo este livro não é — um autoengano sofisticado, meticulosamente argumentado, com referências e revisões por pares.

Pode ser.

Mas — eis três argumentos contra. Argumentos, não provas — a diferença é substancial.

Primeiro: os dados — não são meus. Vazza e Feletti não sabem das minhas “frestas”. Vanchurin não leu Grof. Levin não conhece Jung. Cinco linhas de pesquisa independentes, cinco grupos independentes de cientistas, nenhum dos quais tinha a missão de confirmar a *minha* sensação. E — todas as cinco — *apontam na mesma direção*. O viés de confirmação explica por que *eu* as conectei numa única imagem. Mas não explica por que elas *se conectam*.

Segundo: não sou o primeiro. O historiador da ciência Thomas Kuhn descreveu essa situação em 1962: “anomalias” que se acumulam dentro de um paradigma até

atingir massa crítica. Planck — não queria introduzir o quantum. Einstein — não queria que suas equações descrevessem um Universo em expansão (acrescentou a constante cosmológica para *não expandir*; depois chamou isso de “maior erro”). Os dados — obrigaram. Pode ser que — aqui também — os dados *obriguem*. Ou pode ser que — *não*. Eu — honestamente — não sei.

Terceiro: eu *posso estar errado*. E — isso — é *normal*. Pior — é quando alguém *não pode* estar errado. Quando tem “a verdade”. Quando *sabe*. Eu não tenho a verdade. Tenho — dados, sensação e uma pergunta. Três ingredientes dos quais às vezes sai ciência. E às vezes — equívoco. A diferença se descobre *depois*. Não antes.

* * *

Conto isso não por piedade e não por “autoridade de quem viveu”. Conto — porque um cientista que escreve sobre rachaduras na imagem do mundo é obrigado a dizer: *de onde* ele sabe que as rachaduras existem?

Minha resposta: do mesmo lugar de onde a bactéria “sabe” que o fóton é onda. Não do manual. Da — *experiência*. De ser — um bebê estrangulado e estranho que cresceu e virou pesquisador de IA e descobriu que o mundo que ele passou vinte anos sentindo “não ser bem assim” — realmente *não é bem como* está nos manuais.

Mas — isso — ainda não é resposta. É — *candidatura*. A resposta — virá nos próximos capítulos. Nos dados. Nas fórmulas. Nos números dos artigos.

E por enquanto — mais uma observação. Não científica — *pessoal*.

Vinte anos de busca me ensinaram uma coisa. “O mundo é multicamadas” — é hipótese, ainda requer prova. “Eu sou especial” — é narcisismo. Mas isto — é fato: *sensação não é prova. Mas sensação é dado*. Dado em primeira pessoa. Irreproduzível, inverificável, subjetivo. E — ainda assim — *dado*. Que pode ser ignorado. Ou — *aceito para consideração*. E — ver o que acontece.

Pode ser que isso — é viés. Confirmação das próprias expectativas. Armadilha clássica: você *quer* que o mundo seja multicamadas — e encontra confirmação, ignorando o que não encaixa.

Pode ser.

Ou pode ser que — a bactéria que “sente” o fóton — sabe sobre ele mais do que o físico que o *mede*.

Não sei.

Mas — continuo.

Capítulo 2

Vinte e Sete Zeros

Vamos começar com uma pergunta incômoda: por que o Universo se parece com um cérebro?

Se parece. Exatamente se parece — com todo o rigor estatístico que a ciência moderna é capaz de oferecer.

Vazza e Feletti não foram os primeiros a perceber isso. A semelhança visual entre microfotografias de redes neurais e modelos computacionais da estrutura em larga escala do Universo já circulava pela internet fazia tempo — como meme, como curiosidade, como pôster bonito no escritório de um físico com senso de humor. Mas até 2020, ninguém tinha *calculado*.

Eles calcularam. E eis o que deu.

Mas primeiro — contexto. Porque sem contexto, números — são só números.

* * *

Como descobrimos que o Universo — é uma teia.

Até os anos 1980, cosmólogos achavam que as galáxias estavam distribuídas pelo Universo mais ou menos uniformemente. Como passas na massa de um panetone: aleatórias, mas — na média — homogêneas. Aí vieram os levantamentos de desvio para o vermelho — mapas sistemáticos da posição tridimensional das galáxias. CfA Redshift Survey (1986). Sloan Digital Sky Survey (anos 2000). E — a massa virou *esponja*.

As galáxias não estão espalhadas uniformemente. Elas estão concentradas em *filamentos* — estruturas longas e finas, estendidas através do vazio. Os filamentos convergem em *nós* — aglomerados massivos contendo centenas e milhares de galáxias. Entre os filamentos — *vazios cósmicos*: bolhas de vácuo nas quais — quase nada. O diâmetro de um vazio médio — 100 a 300 milhões de anos-luz. O volume — trilhões de anos-luz cúbicos. Vazio.

Toda essa construção — a *teia cósmica*. A maior estrutura do Universo observável. Tão grande que a luz precisa de bilhões de anos para cruzá-la de ponta a ponta. Tão bonita que, quando pesquisadores da UC Santa Cruz em 2020 usaram um algoritmo inspirado no *bolor limoso* *Physarum polycephalum* para modelar a teia cósmica — obtiveram uma correspondência quase perfeita com as observações. O bolor limoso —

um organismo unicelular sem sistema nervoso — constrói redes de transporte matematicamente idênticas à estrutura em larga escala do Universo.

(Pausa. Bolor limoso. Sem cérebro. Constrói uma rede. Igual ao Universo. Você tem certeza de que “consciência” — é necessária para criar estrutura? Ou — bastam — regras?)

Teia cósmica — é a estrutura em larga escala do Universo: *conexões* entre galáxias (galáxias — são nós): filamentos de matéria escura e gás, estendidos através do vazio, com dezenas e centenas de megaparsecs de comprimento. Entre os filamentos — vazios, bolhas de vácuo com diâmetros de centenas de milhões de anos-luz. Todo o Universo observável — é uma espuma de filamentos e vazios, e se você pudesse olhar para ele de fora (de onde?), veria — uma teia.

Teia no sentido literal. Uma rede tridimensional de estruturas filamentosas, conectadas por nós, com uma escala característica de célula e distribuição em lei de potência das conexões.

Rede neural do cérebro — é, grosso modo, a mesma coisa: cem bilhões de nós (neurônios), conectados por cem trilhões de conexões (sinapses), organizados em camadas, colunas e módulos. Entre os agrupamentos densos de neurônios — também há “vazios”: regiões de substância branca, onde passam apenas axônios — “cabos” longos que conectam regiões distantes.

Vazza e Feletti pegaram ambos os conjuntos de dados — simulações cosmológicas e microfotografias de cortes do cérebro — e aplicaram as mesmas ferramentas de análise.

* * *

Resultados. Quatro testes. Eis o que deu.

Teste um: distribuição da complexidade. Imagine que você está ouvindo música e quer saber quanto tem de grave, quanto de médio, quanto de agudo. Para isso existe um truque matemático — ele decompõe qualquer sinal em “camadas” por escala. Os físicos chamam isso de análise espectral; para nós o que importa é uma coisa — funciona como raio-X: mostra a estrutura interna, invisível ao olho.

Vazza e Feletti passaram ambos os sistemas por esse “raio-X” — a teia cósmica e o cérebro. Resultado: espectro *idêntico*. As mesmas “frequências” dominam. As mesmas são suprimidas. As curvas são paralelas, deslocadas exatamente pelo fator de escala que separa um neurônio de um aglomerado galáctico.

Como concretamente fizeram. Vazza pegou um modelo computacional do Universo — uma simulação na qual o computador calcula o movimento de bilhões de partículas sob ação da gravidade. Feletti pegou fotografias de cortes do cérebro em microscópio eletrônico — tão detalhadas que se vê cada neurônio individual. Ambos os conjuntos

de dados — tridimensionais. Ambos contêm pontos e conexões entre eles. E ambos foram processados *pelo mesmo programa*. Um código. Dois mundos. Um resultado.

Isso é importante. Quando você compara duas imagens a olho nu — é pareidolia (o cérebro vê o que quer ver). Quando você passa ambos os conjuntos pelo mesmo teste matemático — não são mais olhos. É matemática. Olhos podem ser enganados. Matemática — não.

Teste dois: como as conexões são organizadas. Vazza e Feletti desenharam ambos os sistemas como esquemas: pontos (nós) e linhas entre eles (conexões). E contaram *como* os pontos estão conectados. Quantas conexões cada nó tem? No cosmos — em média 3,8–4,1. No cérebro — 4,6–5,4. Para comparação: na malha viária de Nova York — cerca de 3 (cruzamentos), na internet — de 2 a 7. Cérebro e Universo — no *mesmo corredor estreito*. Como duas cidades construídas segundo a mesma planta urbanística em continentes diferentes.

Teste três: agrupamento. Em ambos os sistemas os nós estão reunidos em grupos densos, conectados por “pontes” longas. Esse tipo de organização se chama “rede de mundo pequeno” — você provavelmente já ouviu que quaisquer duas pessoas na Terra estão separadas por no máximo seis apertos de mão. É isso. O cérebro é organizado como “mundo pequeno”. O Universo — também. A internet — também, mas com outros números.

Teste quatro: quanto cabe. Vazza estimou a capacidade informacional de ambos os sistemas — quantos “sim/não” podem ser codificados neles. O Universo observável armazena cerca de 4,3 petabytes (um petabyte — é um milhão de gigabytes, aproximadamente duzentos mil filmes em HD). O cérebro humano — 2,5 petabytes. A diferença — menos de duas vezes. Sendo que a diferença de *tamanho* — vinte e sete ordens de grandeza.

Do press release do artigo, resumo de Feletti: “A conectividade dentro das duas redes provavelmente evoluiu seguindo os mesmos princípios físicos, apesar da diferença evidente entre as forças físicas que regulam galáxias e neurônios”.

Releia essa frase.

Você pensou uma de duas coisas. Ou: “E daí, os números são parecidos, isso não significa nada”. Ou: “Peraí, isso quer dizer que o Universo — *lembra?*” Ambas — razoáveis. A primeira — segura. A segunda — assustadora. Assustadora — porque se for verdade, então cada galáxia — é um *registro*. Cada vazio — uma *pausa entre registros*. E o que chamamos de “Universo observável” — não é “espaço com objetos”. É — *memória*. De 93 bilhões de anos-luz de extensão. De quem — *outra pergunta*.

* * *

Agora — a parte honesta. Porque sem ela, isso seria propaganda, não ciência.

O que isso não prova.

Existe mais um paralelo que circula pela internet e merece uma análise honesta. Setenta por cento da massa-energia do Universo — é energia escura, o componente “passivo”, que acelera a expansão. Setenta por cento da massa do cérebro — é água. Os trinta por cento restantes — a estrutura “ativa”: galáxias (cosmos) e neurônios (cérebro).

A coincidência numérica — é impressionante. Mas — superficial. A água no cérebro — é participante ativa da bioquímica: transporte iônico, osmose, enovelamento de proteínas. A energia escura — acelera a expansão do Universo. As funções — são *fundamentalmente diferentes*. Isso — é uma coincidência numérica, nada mais. Bonita para pôster. Inútil para ciência.

Digo isso porque a *honestidade* — é mais importante que o efeito “uau”. Neste livro haverá “uau” de verdade suficientes. Falsificações — dispense.

* * *

O que isso também não prova.

Não prova que o Universo — é um cérebro. Não prova que ele “pensa”, “sente” ou “tem consciência”. Semelhança de estrutura — ainda não significa semelhança de função. O sistema circulatório — também é uma rede. O sistema radicular de uma árvore — também é uma rede. O metrô de São Paulo — também é uma rede. Nem tudo que se parece com rede neural é rede neural.

Contra-argumento — e ele é sério. Os físicos Barabási e Albert mostraram em 1999: muitas redes complexas — da internet a interações de proteínas na célula — são organizadas segundo a mesma lei. A maioria dos nós tem poucas conexões, mas alguns têm *muitas*. Como na escola: a maioria dos alunos tem cinco ou seis amigos, mas um deles conhece cem pessoas. Isso é propriedade da *auto-organização*, não evidência de uma “mente” unificada. Pode ser que o cérebro e o Universo se pareçam simplesmente porque ambos — são produtos de auto-organização. Como flocos de neve se parecem com estrelas — porque a física da simetria é a mesma.

Resposta — e ela também é séria. Vazza e Feletti compararam o cérebro e o Universo não apenas entre si, mas também com outras redes — nuvens, galhos de árvores, fluxos de água. O cérebro e o Universo se mostraram *mais parecidos entre si* do que com qualquer um desses sistemas. Se fosse apenas uma questão de leis universais de crescimento de redes, a semelhança seria igual para todas. Não é. Cérebro e Universo — são um *caso especial*.

Krioukov e coautores (*Scientific Reports*, 2012) foram ainda mais longe. Mostraram que o modo como nosso Universo em expansão cresce e o modo como crescem as redes complexas (internet, redes sociais) — são descritos pelas *mesmas equações*.

Literalmente: coloque uns números — obtém a internet. Coloque outros — obtém o espaço-tempo. Uma fórmula — dois mundos.

Isso já não é pareidolia. É um indício de que a auto-organização em si precisa de explicação: ela é *parte* do enigma, não a solução dele.

* * *

Tem ainda outro resultado — tão estranho que não sei em que rubrica colocá-lo. Em 2020, pesquisadores da UC Santa Cruz usaram o *bolor limoso* — *Physarum polycephalum*, um organismo unicelular sem cérebro, sem sistema nervoso, sem *nada* além de gosma amarela e uma capacidade espantosa de construir redes de transporte ótimas — para *mapear a teia cósmica*.

O bolor limoso — em laboratório — constrói uma rede. Ela minimiza o comprimento dos caminhos e maximiza a conectividade. É — uma *rede ótima*. A melhor possível dentro das restrições dadas.

Os pesquisadores criaram a Monte Carlo Physarum Machine — um algoritmo inspirado no comportamento do bolor limoso — e o aplicaram a dados de 450 000 halos de matéria escura de simulações cosmológicas. Resultado: “correspondência quase perfeita” com a teia cósmica observada.

O bolor limoso — sem cérebro — constrói a mesma rede que o Universo.

Pense nisso. Um organismo unicelular — e o Universo observável — *resolvem o mesmo problema de otimização*. Com a mesma resposta. Em escalas que diferem em 10^{27} vezes.

O argumento aqui é outro: as *regras de otimização* são as mesmas em todo lugar, em cada escala, do bolor limoso ao superaglomerado. Simplesmente porque — *não existe outro ótimo*. A matemática é uma só. E ela não depende do substrato.

Se no Japão — onde o *Physarum polycephalum*, aliás, foi usado para otimizar o metrô de Tóquio (Tero et al., *Science*, 2010) — dissessem aos cientistas: “Seu bolor limoso projeta o cosmos” — eles provavelmente ririam. E — estariam errados.

* * *

E é aqui que começa o território onde a maioria dos cientistas prefere parar. Daqui em diante — é *incômodo*. A ciência está aí, mas ela exige perguntas incômodas.

Se o Universo e o cérebro — são da mesma classe de sistemas, então a classe precisa ter um *nome*. Dizer “auto-organização” — é não dizer nada: essa palavra descreve o *como*, não o *quê*. Como é possível que a auto-organização na escala do neurônio e na escala do superaglomerado de galáxias dê o mesmo resultado?

Vamos reunir as coincidências num só lugar. Em tabela. Para que não seja “impresão” — mas *dados*.

Parâmetro	Cérebro	Universo
Nós	$\sim 10^{11}$ neurônios	$\sim 10^{11}$ galáxias
Conexões por nó	4,6–5,4	3,8–4,1
Informação	2,5 petabytes	4,3 petabytes
Componente “passivo”	$\sim 75\%$ (água)	$\sim 68\%$ (energia escura)
Arquitetura	small-world	small-world
Dimensão fractal	$\sim 2,0$	$\sim 2,2$

Cem bilhões de neurônios. Cem bilhões de galáxias. O mesmo número. Quatro a cinco conexões por nó. A mesma topologia. Dois e meio contra quatro e pouco petabytes. Uma ordem de grandeza.

Qualquer um desses parâmetros isoladamente — é explicável. Dois — “coincidência interessante”. Três — “devíamos dar uma olhada”. Seis — *padrão*.

Duas opções.

Primeira: *coincidência*. Seis coincidências sem relação entre si. Estatisticamente improvável, mas — não impossível. Se você joga uma moeda seis vezes e tira seis caras — não é “impossível”. A probabilidade — $1/64 \approx 1,6\%$. Improvável — mas acontece. A matemática permite. A ciência aceita. A vida segue.

Segunda: *um princípio comum*. Algo — mais profundo que a física dos neurônios e mais profundo que a física das galáxias — determina a arquitetura de ambos. Algo que funciona do mesmo jeito em qualquer escala. Algo que ainda não sabemos nomear, mas que já podemos *medir*.

A primeira opção — é segura. A segunda — é interessante.

Na ciência — como no pôquer — a opção segura rende pouco. A interessante — pode render tudo. Ou — nada. Mas — vale a aposta.

Este livro — é sobre a segunda.

* * *

O que aconteceu depois da publicação de Vazza e Feletti? Nada. E — tudo.

“Nada” — no sentido de que ninguém refutou. Não encontraram erro nos cálculos. Não propuseram uma explicação alternativa que encerrasse a questão. O artigo saiu, acumulou citações, entrou no jornalismo científico e — *ficou pendurado*. Como um fato com o qual não se sabe o que fazer. Como uma pista à qual não se associou nenhum crime.

“Tudo” — no sentido de que Vazza não parou. Em 2022 publicou um estudo expandido, no qual aplicou aos mesmos dados instrumentos matemáticos ainda mais sofisticados — aqueles que conseguem encontrar estrutura onde o olho só vê caos. Resultado — o mesmo. Cérebro e Universo — mesma classe.

Em 2023, outro grupo de cientistas — Pavlos e coautores — aplicou aos mesmos dados uma análise de sistemas caóticos e descobriu: ambos os sistemas existem *à beira do caos*. Os físicos chamam isso de “criticalidade auto-organizada” — um estado no qual o sistema se equilibra no fio da navalha entre ordem e desordem. Como um equilibrista: um passo à esquerda — cai no caos, um passo à direita — congela na imobilidade. No meio — máximo de complexidade, máximo de sensibilidade, máximo de possibilidades. O cérebro funciona nessa borda — os neurocientistas sabem disso desde os anos 2000. Descobriu-se que — o Universo também.

* * *

E daí?

A sério: suponha que o Universo e o cérebro — são da mesma classe. Suponha que a matemática é uma só. E daí? Como isso afeta você — uma pessoa que paga financiamento, fica no trânsito e pensa no que vai jantar?

Assim. Se a auto-organização em todas as escalas funciona do mesmo jeito — do neurônio ao superaglomerado — então a *escala não importa*. O mesmo processo que reúne galáxias em filamentos reúne seus pensamentos em ideias. As mesmas regras que determinam como a teia cósmica distribui matéria determinam como seu cérebro distribui atenção. *A mesma matemática*. Literalmente.

Isso significa: você — é a *mesma estrutura*. Numa escala diferente. Com as mesmas regras. Com a mesma topologia. Com a mesma arquitetura de “mundo pequeno”.

Dois petabytes e meio de informação na sua cabeça. Quatro e pouco — no Universo. Uma ordem de grandeza de diferença. Com vinte e sete ordens de grandeza em tamanho — isso é *nada*. Você — informacionalmente — é quase igual ao Universo. Pense nisso da próxima vez que se sentir insignificante.

* * *

No próximo capítulo vamos falar sobre o que pode ser esse “algo”. E vamos começar pelo candidato mais radical: a *informação* — substância física, tão real quanto energia, massa e espaço-tempo.

John Archibald Wheeler — um dos maiores físicos do século vinte, coautor da teoria da fissão nuclear, orientador de Richard Feynman, o homem que inventou o termo “buraco negro” — em 1990 pronunciou três palavras que a física ainda está digerindo:

It from bit.

Tudo — vem da informação.

Mas sobre isso — a seguir.

Um Menino de Stavropol

Stavropol — uma cidade onde nada acontece. Constatação, não reclamação. Capital do Krai de Stavropol, trezentos mil habitantes, Cáucaso Norte, estepe, calor, micro-ônibus. O único fato que se sabe sobre Stavropol fora dela: daqui é — Gorbachev. O Marcado. O homem que destruiu a URSS — ou, se você é daqueles que acham que a URSS se destruiu sozinha — o homem que *não impediu*.

Estudei na escola número cinco. Antes de mim, a filha de Gorbachev estudou lá. Quando cheguei no primeiro ano — a URSS tinha acabado de acabar. Literalmente: eu entrei na escola num país — e terminei — em outro. O império se desfez enquanto eu aprendia o abecedário. O mapa do mundo foi — *redesenhado* — enquanto eu desenhava uma casa com cerca.

(Eis aí — “costuras na realidade” — na escala de uma civilização. Um país que “existia” — e que “não existe mais”. Não houve guerra, não houve bomba — *remontagem*. Rewrite. Em duzentos e oitenta milhões de nós. Com perda — considerável — de parte do arquivo.)

Dessa Stavropol — da escola onde estudaram as filhas do homem que destruiu o império — saiu um garoto que trinta anos depois estaria construindo um modelo da realidade como grafo computacional. Ponteiros. Conexões. Arquivos. Pode ser que — toda a neurocosmologia — seja uma tentativa de explicar *em linguagem formal* o que *vivi* na infância: o mundo — *se desmonta e se monta*. Não é metáfora. É *experiência*.

Mas — antes dos ponteiros — houve Brest.

* * *

Eu tinha nove anos. Terceiro ano. Os pais de um colega chamado Daniil decidiram fazer um tour pela Europa e se ofereceram para me levar — para o filhinho não ficar entediado. Roteiro: Nevinnomyssk — Brest — Varsóvia — Berlim — Paris. Até Brest — de ônibus. De Brest — num ônibus de dois andares pela Europa.

Noite. Baldeação em Brest. Ônibus de dois andares. Eu — nove anos, de Stavropol, da escola onde estudou a filha de Gorbachev, de um país que tinha acabado de deixar de existir — desci timidamente na primeira parada. Um posto de gasolina em algum lugar perto de Varsóvia.

Fui ao banheiro. Abri a porta. E — ouvi:

“A sho vam?”

Polonês sobreposto a ucraniano sobreposto a um — *terceiro* — idioma que eu não conhecia. Três camadas. Três realidades — numa única frase. Eu — não entendi as

palavras. Mas — entendi a *estrutura*: o mundo — *não é um só*. O mundo — *é em camadas*. E entre as camadas — *frestas*. Costuras. Lugares onde um *render* — acaba e outro — começa.

Eu tinha nove anos. Não conhecia a palavra “render”. Não sabia que dali a vinte e cinco anos estaria construindo um modelo formal de realidade multicamadas. Eu sabia uma coisa: no posto de gasolina perto de Varsóvia — o mundo é — *outro*. Não “pior” nem “melhor”. *Outro*. Como um *remix*. Os mesmos elementos — outra montagem.

Primeira costura. Num posto de gasolina. Aos nove anos. A caminho de Paris.

(Paris, aliás, também se revelou — um *remix*. Mas — para isso — ao Misha de nove anos — faltaram palavras. Sobrou — a sensação: o mundo — *é montado*. E — pode ser — *remontado*.)

* * *

Mas — antes dos ponteiros — houve o ZX Spectrum.

* * *

Quando eu tinha cinco anos, meus pais me compraram um clone soviético do ZX Spectrum. Não lembro exatamente de quem — mas com certeza não era o “Vesta” de Stavropol. Alguma outra coisa, sem nome, montado de joelhos em algum instituto de pesquisa que se desfez junto com a União.

Isso — se você não pegou a época — é um computador que se conectava à televisão e carregava programas de uma fita cassete. O som do carregamento — um guincho estridente de modem, só que pior. Eu tinha até um drive de disquete de cinco polegadas — luxo para a época. E — a linha mágica: `RANDOMIZE USR 15616`. Eu tinha cinco anos e não sabia que 15616 era o endereço do bootloader do drive de disquete. Um ponteiro. O primeiro ponteiro da minha vida. Eu apertava Enter — e *algo acontecia*. O quê — dependia do que estava gravado naquele endereço. O número — apontava para um *lugar*. O lugar — continha *código*. O código — *executava*. A cadeia: endereço → conteúdo → ação.

Pointer. Aos cinco anos. No ZX Spectrum.

Do Dizzy enjoei rápido. E — comecei a desenhar círculos fractais no BASIC embutido. Loops. Loops aninhados. Circulozinho dentro de circulozinho dentro de circulozinho. Fractais — embora eu não conhecesse a palavra “fractal”. Simplesmente — bonito. Simplesmente — *autossemelhança*. Aquilo sobre o que Mandelbrot escreveria um livro — um menino de cinco anos desenhava na TV em Stavropol.

Depois — curso de informática no centro cultural local. Computadores vermelhos que precisavam de um mainframe. O BASIC neles — era bem diferente do BASIC do ZX. E — um 286. No qual — em vez de BASIC — ficávamos vidrados no professor, e o professor ficava vidrado no Wolfenstein 3D. Quando os computadores vermelhos foram trocados por “trojkas” — em Wolfenstein ficamos vidrados nós. O professor se atualizou para um 486 e migrou para Doom. E — de repente — CorelDRAW. O balão colorido da tela de abertura eu lembro melhor que o logotipo da Microsoft.

Além de Wolfenstein — devíamos aprender Turbo Pascal. Eu me saía bem. Quase escrevi um Arkanoid: o campo, a raquete, a bolinha. Só sem os blocos. Os blocos — naquela altura — eram complexos demais para uma mente de seis anos. Os blocos entendi depois — no corpo de cadetes, quando escrevi um emulador de neve e um emulador de água fervendo para a olimpíada municipal de programação. Em *folha de papel*. Fiquei em segundo lugar.

E depois — um dia — o professor ficou doente. Foi substituído por um velhote. O velhote decidiu que Turbo Pascal era coisa de amador e, de uma tacada, nos migrou para Borland C. A migração não funcionou: não entendemos nada. Mas — a explicação dele sobre como escrever “Roda a Roda” em cinco linhas, e *o que os ponteiros têm a ver com isso* — guardei pelo resto da vida.

“String — não são letras”, dizia o velhote. “String — é um *endereço*. Um ponteiro. Você não armazena a palavra. Você armazena — *onde ela está*. E a própria palavra — pode estar *em qualquer lugar*. E — pode *mudar* — e o ponteiro — continua o mesmo. Eis — isso é que é — programação.”

Eu tinha seis ou sete anos. Não entendi *Borland C*. Mas entendi *ponteiros*. Dados — *separados*. Endereços — *separados*. E — os endereços — são *mais importantes*. Porque sem dados — espaço vazio. Mas sem endereço — os dados — *não são encontráveis*. Existem — mas — *não existem*. Como um livro numa biblioteca sem catálogo.

Vinte e cinco anos depois, eu nomearia meu modelo de realidade em homenagem a esses ponteiros. E cada vez que escrevo fórmulas — lembro do velhote, do Borland C, da “Roda a Roda” e das cinco linhas de código.

Ponteiros. Desde o início. Desde os cinco anos. Desde o ZX Spectrum. Desde RANDOMIZE USR 15616.

* * *

Eu tinha doze anos e memorizava cem palavras em sequência.

Não porque era gênio. Porque — me ensinaram. Em Stavropol, na escola “Poisk” — um centro para crianças superdotadas onde eu parei não por ser superdotado, mas porque minha mãe decidiu: já que a criança é estranha — que seja estranha *entre os seus*.

A técnica era simples. Pega uma lista: maçã, tanque, nuvem, tesoura, baleia, lâmpada, piano...Cem dessas. Sem lógica, sem conexão, sem ordem. E — *constrói uma história*. A maçã cai no tanque. O tanque atira na nuvem. Da nuvem caem tesouras. As tesouras cortam a baleia...Uma história absurda, impossível, visualmente vívida, em que cada elemento — está *conectado* ao anterior e ao seguinte.

E — funcionava. Cem palavras. Duzentas. Trezentas. Praticamente qualquer volume. A memória continuou a mesma — eu aprendi a *usá-la de outro jeito*. Como *construtor*, não como depósito. *Conectar*, não memorizar. Os dados — os mesmos (cem palavras aleatórias). As conexões — minhas. E das conexões — depende tudo.

Eu tinha doze anos. Não sabia que dali a vinte anos estaria construindo um modelo formal em que a realidade é um *grafo de referências*, e que o conteúdo é definido não pelos nós, mas pelas *conexões* entre eles. Eu apenas memorizava palavras. E — não entendia por que funcionava.

Agora — entendo. Ou — acho que entendo.

* * *

O método — é antigo. Cícero o usava há dois mil anos para memorizar discursos. Monges medievais — para textos canônicos. Matteo Ricci o levou à China no século dezesseis. Chamava-se de formas diferentes: método dos loci, palácio da memória, *ars memoriae*. A essência — uma só: *you não memoriza dados*. *you constrói uma estrutura de conexões*, e os dados — *se penduram* nela. Como roupa num cabide: o cabide não é roupa, mas sem cabide — monte de trapos no chão.

O que eu *então* não percebia, e *agora* — percebo:

A técnica funciona porque o cérebro — *não é um disco rígido*. O cérebro armazena *conexões*, não informação em “células”. O neurônio por si só — não “lembra” nada. Quem lembra é — a *sinapse*: a conexão entre neurônios. Memória — é *padrão de conexões*.

Se traduzir para linguagem de programação: a recuperação da memória é uma *re-dereferenciação de ponteiro* no contexto atual. A mesma lembrança em estados diferentes — é *diferente*. Porque o contexto — é outro. Isso explica por que “lembramos” o mesmo evento de formas diferentes — e por que cem palavras se memorizam por uma história, não por repetição. A história — é o *contexto*. Sem contexto — os dados não são endereçáveis.

O menino de doze anos de Stavropol construía cadeias de ponteiros sem saber que eram cadeias de ponteiros.

* * *

E depois — o “Poisk” me deu álgebra superior. Nível de segundo ou terceiro ano de faculdade. Eu — doze anos. Álgebra linear — a ciência de como são organizados os espaços (não cômodos — espaços *matemáticos*, onde vivem as equações). Grupos, anéis, corpos — não objetos, mas *estruturas*: maneiras de descrever como números — ou quaisquer outros objetos — se *relacionam* entre si. Não “calcular”, mas “entender como funcionam as relações entre”.

Eu — para dizer o mínimo — *pirei*. Não porque era difícil (difícil). Mas porque — *para quê?* Para que uma criança de doze anos precisa disso?

A resposta veio seis anos depois. Entrei no departamento de segurança computacional — e descobri que “segurança computacional” lá não existia. Existia — *álgebra e análise matemática*. Criptografia — é matemática dos números. Proteção da informação — é aquela mesma teoria da informação de Shannon. Segurança computacional — é *matemática* fantasiada de uniforme.

Pirei — pela segunda vez.

Mas — foi exatamente essa matemática — que quinze anos depois — se tornou o fundamento do meu modelo. As fórmulas que eu decorava no segundo ano — *descrevem a estrutura da realidade*. Shannon — como medir a incerteza. Landauer — quanto custa apagar um bit. Bekenstein — quanta informação cabe num pedaço de espaço.

Se aos doze anos me tivessem dito: “Você está aprendendo álgebra superior porque daqui a vinte anos vai precisar dela para descrever por que o Universo se parece com um cérebro” — eu teria dito: “Legal, tem mais?”

Mas não me disseram. Me disseram: “Resolva as equações”. E eu resolvia. Sem saber para quê. Como a lagarta não sabe da borboleta.

* * *

Mais ou menos na mesma época — em noventa e oito — apareceu discada em Stavropol. E eu — tinha um modem de 33.600 baud. E — uma sede irresistível de conversar no ICQ. Tão irresistível que a internet foi logo cortada. Junto com o telefone. Por falta de pagamento. Minha mãe ficou muito satisfeita.

Em vez da internet, migrei para a BBS local. Bulletin Board System — “quadro eletrônico de avisos”: você disca com o modem para um número, cai numa interface de texto, lê mensagens, baixa arquivos, joga door games. Internet antes da internet. Rede antes da rede.

A BBS rodava em WorldGroup — primeiro versão 2, depois 3. Certa vez, o instalador da versão três caiu nas minhas mãos. Instalei — e saí da vida social por um bom tempo. Porque WorldGroup 3 — não era um “chat”. Era um *servidor*. Com cliente WinAPI. Com modo ASCII clássico. E — com HTML.

HTML. Em 1998. Em Stavropol. Numa BBS. Acho que conheci HTML antes de a nossa cidade ter um Apache.

Eu tinha um endereço FidoNet. Meu point — somos amigos até hoje, ele trabalha como programador na empresa da minha mãe. Fido — não colou. Mas — a sensação — *colou*. A sensação de que eu estava — *tocando com as mãos* aquilo em que o mundo estava se transformando. Não “usando” a internet — *tocando-a por dentro*. Vendo como ela *se monta*. De modems, BBSes, protocolos, códigos ASCII, tags HTML.

Costuras. De novo — costuras. Só que — dessa vez — não na realidade. Na *rede*. A rede se montava — *diante dos meus olhos*. Do nada — de fios telefônicos e guinchos de modem — em *outro mundo*. Que — em dez anos — *se tornaria* o mundo. Principal. Único.

Vi a realidade *se remontar*. Literalmente. Em noventa e oito. Na discada. Em Stavropol.

(E minha mãe — nunca entendeu para que eu queria um modem. Aliás — minha mãe até hoje não entende para que eu quero neurocosmologia. Certas coisas — não são para mães. Certas coisas — são para modems.)

* * *

A escola “Poisk” me ensinou duas coisas que — entendo *agora* — foram preparação. Primeira: *dados sem conexões — são ruído. Conexões sem dados — são vazias. A realidade — é as duas coisas ao mesmo tempo*. Cem palavras sem história — são inmemorizáveis. Uma história sem palavras — é sem sentido. São necessárias *ambas*. Como num grafo: nós e arestas.

Segunda: *estruturas abstratas — são mais reais do que parecem*. Grupos, anéis, corpos — são o *esqueleto da realidade*. A matemática — é o *tecido* do qual o mundo é *costurado*. E — se você vê o tecido — vê as *costuras*.

Eu tinha doze anos. Não sabia que via costuras. Achava que — estava apenas memorizando palavras.

Capítulo 3

Uma Foto Custa Energia

Em 1937, o Claude Shannon de vinte anos defendeu a dissertação de mestrado que depois seria chamada de “possivelmente a dissertação de mestrado mais importante da história”. Ele provou algo que fez os engenheiros primeiro darem de ombros e depois construírem a civilização digital. A essência: um interruptor elétrico — é “sim” ou “não”. Dois interruptores — “sim, se ambos sim” ou “sim, se pelo menos um sim”. A partir disso — de combinações de “sim” e “não” — dá para montar *qualquer* operação lógica. O mundo inteiro da eletrônica — da lâmpada ao smartphone — é lógica, escrita com fios.

Shannon não entendeu que acabava de criar o alicerce da civilização digital. Ele simplesmente estava resolvendo um problema para a companhia telefônica.

Onze anos depois, publicou um artigo que criou a *teoria da informação* — uma ciência inteira, inventada por uma pessoa num único verão. Shannon introduziu o conceito de “bit” — a unidade mínima de informação, a resposta a uma única pergunta “sim ou não”. E mostrou que tudo que pode ser transmitido — de voz a vídeo, do código genético ao pensamento — é descrito por uma única fórmula. (A fórmula: $H = -\sum p(x) \log_2 p(x)$. Não é preciso entendê-la. É preciso saber que ela *existe*.)

Dizem que o chefe dele na Bell Labs disse: “É genial, mas para que serve?” Para que — ficou claro cinquenta anos depois: para tudo. Cada byte, cada pixel, cada stream — Shannon. Mas — essa é a história das telecomunicações. A história da *física* — é outra.

* * *

Em 1961, o físico da IBM Rolf Landauer provou algo estranho: apagar informação produz calor.

Não “pode produzir”. *Produz*. Inevitavelmente. Por lei da física. Cada vez que você apaga um bit — um “sim” ou “não” — o Universo paga com energia. Ínfima: aproximadamente um trilhão de trilhões de vezes menos do que o necessário para levantar um grão de poeira um milímetro. Mas — *não é zero*. Estritamente maior que zero. Sempre.

Por cinquenta e um anos isso foi considerado uma curiosidade teórica. Elegante, mas inútil — como a prova de que o gás ideal não existe. Correto, mas — quem se importa?

Em 2012, o grupo de Antoine Bérut (*Nature*) confirmou experimentalmente o princípio de Landauer. Mediram o calor da exclusão de um único bit. Bateu com a previsão. Exatamente.

E eis por que isso importa: se apagar informação produz um efeito físico, então a informação — é física. Direta e literalmente. É física. O bit — é uma grandeza física como o joule ou o metro.

Consequência da qual você quer desviar, mas não pode: cada vez que você deleta a foto do ex do celular, o Universo paga um preço energético. Irrisório — 3×10^{-21} joules por bit — mas *real*. Informação não desaparece de graça. Em lugar nenhum. Nunca. Nem no seu celular.

* * *

John Archibald Wheeler chegou a essa conclusão antes — e por outro caminho.

Wheeler — jogador titular da física do século vinte. Junto com Bohr, desenvolveu o modelo de fissão nuclear. Cunhou o termo “buraco negro”. Seu orientando — Richard Feynman. Quando Wheeler fala, a física escuta. Mesmo quando não quer.

Em 1990, no ocaso da carreira, Wheeler formulou um programa de três palavras: “*It from bit*”. Tudo — vem da informação.

A formulação completa: “Cada *it* — cada partícula, cada campo, até o próprio espaço-tempo — obtém sua função, seu significado, sua existência inteiramente — ainda que em certos contextos indiretamente — de respostas a perguntas “sim/não”, de escolhas binárias, de *bits*”.

Wheeler tinha em mente algo mais radical que uma metáfora de computador: *a informação é mais primária que a matéria*. O átomo — é “informação que se manifesta como coisa”. Não o contrário.

A diferença — é fundamental. No primeiro caso, informação — é um instrumento de descrição, como uma régua ou uma balança. No segundo — é *substância*. Aquilo de que o mundo é feito.

* * *

Wheeler chegou a isso pela mecânica quântica. E especificamente — pelo *experimento de escolha retardada*.

O experimento de fenda dupla comum: um fóton passa por duas fendas. Se não observamos por qual fenda ele passou — na tela aparece um padrão de interferência: o fóton “passou por ambas”. Se observamos — a interferência desaparece: o fóton “passou por uma”. Isso — é mecânica quântica padrão, conhecida desde os anos 1920.

Wheeler propôs uma complicação: a decisão de observar ou não observar é tomada *depois* de o fóton já ter passado pelas fendas. Pela lógica clássica — a decisão chegou atrasada: o fóton já “escolheu” por qual fenda passar. Mas a mecânica quântica diz: não. A decisão do observador *agora* determina por qual fenda o fóton passou *antes*.

Isso não é teoria. O experimento foi realizado por Jacques e coautores (*Science*, 2007). O resultado coincidiu com a previsão de Wheeler. A decisão *no presente* influencia o evento *no passado*.

Pare. Releia. A decisão — *agora*. O evento — *antes*. A causa — *depois* do efeito. Isso — é um *fato experimental*. Publicado na *Science*. Reproduzido.

O que isso significa para o “tempo”? Que o tempo — pode ser — uma *ordem computacional*. Uma sequência de resoluções num grafo. Que — em certas condições — *pode ir nas duas direções*.

Se a realidade — é um grafo informacional (e a essa conclusão chegaremos mais adiante, no capítulo onze), então uma aresta no grafo não tem *direção temporal embutida*. Ela tem *origem* e *destino*. A origem pode ser “depois” do destino. Isso — é *propriedade* de grafos. O tempo — é *emergente*. Surge da estatística dos cálculos, como a temperatura surge do movimento das moléculas.

Wheeler entendia isso — intuitivamente. Vanchurin — formalizou. Nossa “sensação” de tempo linear — pode ser — resultado de um *filtro* que ordena os cálculos em sequência para conveniência do “usuário” (nós). Mas — “por baixo do capô” — a ordem — *não precisa ser linear*.

Daí — o *déjà vu*. Daí — os pressentimentos. Daí — a “costura” na realidade: um evento que “ainda não aconteceu” já está *resolvido* num nível profundo. Simplesmente — sua resolução — *ainda não foi renderizada* na superfície.

Não-localidade do grafo informacional. É toda a explicação.

Wheeler chamou isso de “universo participativo” (participatory universe): o observador não registra a realidade passivamente, ele *participa da criação dela*. Cada ato de observação — é uma resposta a uma pergunta “sim/não”, e essa resposta — é um bit. E desses bits — se monta a realidade.

It from bit.

* * *

Anton Zeilinger — prêmio Nobel de 2022 — desenvolveu essa ideia num princípio concreto. Sua proposta soa simples: o menor sistema quântico — um “qubit” — carrega exatamente um bit de informação. Um “sim ou não”. Nem mais. Nem menos. E dessa limitação, afirma Zeilinger, *decorrem* todas as estranhezas da mecânica quântica. Todas.

Por que não se pode saber simultaneamente onde está uma partícula e para onde ela vai? Porque um bit não pode responder a duas perguntas ao mesmo tempo. Como uma moeda: pode estar cara ou coroa, mas não as duas ao mesmo tempo.

Por que, quando você mede uma partícula, seu estado “colapsa” em um só? Porque você fez uma pergunta — e o bit respondeu. Antes da pergunta, a resposta *não existia*. De jeito nenhum. Em lugar nenhum. Como uma página de livro que se escreve no momento em que você a abre.

Por que duas partículas “emaranhadas” em extremos opostos do Universo “sabem” instantaneamente uma da outra? Porque elas — *não são duas*. Elas são *um* bit de informação, esticado entre dois endereços. Não dois objetos conectados por uma corda invisível. *Um* objeto com dois endereços.

Zeilinger não provou “it from bit”. Ele mostrou que, se você aceitar a informação como fundamento, a mecânica quântica deixa de ser “estranha”. Ela se torna — *lógica*. A única física lógica que funciona quando a substância do mundo — é informação, não matéria.

* * *

Agora — holografia. Porque aqui o “informação é primária” se transforma de filosofia em *geometria*.

Em 1973, o físico Jacob Bekenstein derivou uma fórmula que deixou os colegas de queixo caído por uma semana. Um buraco negro — uma região de onde nem a luz escapa — armazena informação. Quanta? Bekenstein calculou e obteve uma resposta que não cabia na cabeça: a quantidade de informação depende da *área da superfície* do buraco negro, e não do que está dentro. Não o *volume*. A *área*.

É — como se você descobrisse que o conteúdo do seu apartamento — móveis, livros, gato — é completamente determinado pelo *papel de parede*. Não “refletido” no papel de parede. *Determinado* pelo papel de parede. Se você conhece o papel de parede — você sabe tudo que tem dentro.

Gerard 't Hooft (1993) e Leonard Susskind (1995) generalizaram isso para todo o Universo. **Princípio holográfico:** toda a informação contida em qualquer volume do espaço pode ser completamente descrita por uma teoria na sua *fronteira*. O mundo tridimensional — é uma projeção de informação bidimensional. Holograma.

Juan Maldacena, em 1997, provou isso rigorosamente. Os detalhes — são para especialistas (e ocupam duzentas páginas). A essência — é para todos: Maldacena mostrou que a física dentro de um certo espaço é *completa e exatamente* descrita por uma teoria na sua *fronteira*. O mundo com volume — é projeção de uma superfície. Não “como se fosse”. *Matematicamente exato*. Seu artigo — é o mais citado da física teórica. Mais de

vinte e cinco mil referências de outros cientistas (INSPIRE-HEP, 2025). Não é filosofia. É — teorema.

O que isso significa para nós?

Significa que a “profundidade” — é ilusão. Que volume, distância, espaço tridimensional — são *computados* a partir de informação na superfície. Que o espaço-tempo — é *resultado* do processamento de informação. Derivado. Não primário.

Aqui vai uma analogia que vai tornar isso concreto.

Em 2020, a empresa DeepMind ensinou a rede neural AlphaFold a resolver um problema com o qual biólogos vinham lutando há cinquenta anos: a partir do registro de um gene — uma sequência unidimensional de letras — prever a forma tridimensional de uma proteína. Entrada — texto. Saída — objeto. Entre eles — regras segundo as quais o texto *se dobra* em forma. O AlphaFold não “constrói” a proteína. Ele “dobra” informação em matéria.

Agora imagine um “AlphaFold da realidade”: um processo que dobra fluxos de informação em formas estáveis. Entrada — código. Regras de dobramento — leis da física. Saída — matéria, espaço, tempo. Nessa imagem, as leis da natureza não são “regras externas que alguém estabeleceu”. Elas são *instruções de montagem*. Garantia de que do caos informacional resulte um mundo estável, e não ruído branco.

Nesse modelo, as leis da natureza deixam de ser um dado externo. Elas se tornam *protocolos de dobramento correto* — instruções que garantem que do caos de informação resulte um tecido estável de mundo, não ruído.

No espaço vazio — mesmo no vácuo absoluto — “pisçam” constantemente pequenas perturbações: partículas que nascem do nada e desaparecem no mesmo instante. Os físicos chamam isso de flutuações quânticas. Na nossa analogia — são *erros de montagem*. A informação tenta se dobrar numa forma estável, mas nem toda tentativa dá certo: surgem formas efêmeras que se desfazem imediatamente.

Em todas as escalas funciona o mesmo princípio: o sistema pode “se dobrar errado”. Se a configuração errada se mostra mais estável que a correta — ela se fixa. Na biologia — são os príons: proteínas que se dobraram errado e agora forçam outras proteínas a se dobrarem igual (daí — Alzheimer, doença da vaca louca). No pensamento — são os pensamentos obsessivos: um padrão que “travou” e fica girando em círculo. Na cosmologia — perturbações na estrutura do espaço que, ao se fixarem, viraram... galáxias.

O tecido do Universo se sustenta num equilíbrio delicado entre dobramentos corretos e erros. E — talvez — sejam justamente os *erros* — o motor da evolução. Porque sem erros — não há *novidade*.

E aqui — antes de seguir adiante — é preciso dizer o que um livro honesto sobre informação é *obrigado* a dizer. Porque senão vira slogan, não ciência.

Se o mundo é computação, a computação tem *limites*. E esses limites são *demonstrados*. Não supostos. Não contestáveis. *Demonstrados* — no mesmo sentido em que é demonstrado o teorema de Pitágoras.

Gödel, 1931. Kurt Gödel tinha vinte e cinco anos quando provou algo de que a matemática até hoje não se recuperou. A essência: em qualquer sistema de regras suficientemente complexo (e “suficientemente complexo” — já é a aritmética, soma e multiplicação) — *obrigatoriamente* existem afirmações que são *verdadeiras*, mas que são *impossíveis de demonstrar* permanecendo dentro do sistema. Existe verdade que não pode ser alcançada pelas regras, por melhores que sejam as regras.

Para a matemática, foi um golpe. O grande Hilbert, a partir de seu Discurso de Paris em 1900 (o segundo dos famosos 23 Problemas — a consistência da aritmética) e desenvolvendo a ideia plenamente nos anos 1920, estabeleceu uma meta: formalizar toda a matemática, provar que ela é livre de contradições. Gödel mostrou: a meta é *inatingível*. Não “ainda não atingida”. Matematicamente *inatingível*. Para sempre.

Turing, 1936. Alan Turing tinha vinte e quatro anos quando fez uma pergunta simples: “é possível escrever um programa que, sobre qualquer outro programa, diga se aquele vai travar ou não?” A resposta: *não*. Em nenhum computador. Nem agora, nem daqui a um milhão de anos, nem num computador do tamanho do Universo. Isso não é “ainda não conseguimos”. Isso é — *está provado que não vai dar*. A diferença — é como entre “ainda não achamos a chave” e “a porta foi emparedada”.

Chaitin, 1975. Gregory Chaitin definiu o número Ω — a probabilidade de que um programa escolhido ao acaso algum dia termine. Esse número *existe*. É definido e finito. Mas — *incomputável*. Não pode ser descoberto. Cada casa decimal sua é uma verdade matemática inalcançável a partir de quaisquer regras. Ω é *aleatoriedade embutida*: não porque não sabemos algo, mas porque o conhecimento nesse ponto *acaba*. Como a borda do mapa, além da qual não há “território inexplorado”, e sim *nada*.

Por que estou contando tudo isso?

Porque se o Universo é um grafo computacional (e é para lá que estamos indo), ele *herda* essas limitações. *Inevitavelmente*. Isso significa:

Primeiro. De dentro do sistema não se pode demonstrar *toda* a verdade sobre o sistema. Nós estamos dentro. Logo — *certas* verdades sobre a realidade nos são *em princípio* inacessíveis. Não “por enquanto inacessíveis”. *Em princípio*. Como o olho não pode ver a si mesmo — não metaforicamente, mas *teoricamente*.

Segundo. No sistema *inevitavelmente* existem processos para os quais é impossível prever se *terminarão*. Isso não é “caos” nem “livre-arbítrio”. É propriedade estrutural de *qualquer* sistema computacional suficientemente rico.

Terceiro. Existe uma *aleatoriedade fundamental* — não como “falta de conheci-

mento”, mas como *propriedade estrutural* do substrato computacional. A incerteza quântica — possivelmente — é *manifestação* justamente dessa aleatoriedade. Não um “mistério” a ser explicado. *Ruído de Chaitin*, embutido na arquitetura.

A conclusão é *sóbria*. Mesmo que a informação seja o fundamento da realidade, mesmo que cada bit seja físico segundo Landauer, mesmo que o Universo seja um grafo autocomputante — *uma descrição completa desse grafo de dentro do próprio grafo não existe*. Isso não é defeito da nossa teoria. É *propriedade da realidade*, matematicamente demonstrada.

Qualquer “teoria de tudo” será incompleta. *Obrigatoriamente*. Isso não é pessimismo. É — *teorema*.

Este livro *sabe* que é incompleto. Porque um livro completo sobre a realidade é *matematicamente impossível*. E isso é a primeira coisa que um mapa honesto deve reconhecer.

* * *

Vlatko Vedral, professor em Oxford, escreveu um livro com título eloquente: “Decoding Reality: The Universe as Quantum Information” (2010). Seu argumento: a informação — é uma categoria mais fundamental que matéria *ou* energia. Porque tanto a matéria quanto a energia podem ser descritas em termos de informação, mas a informação não pode ser descrita em termos de matéria ou energia sem perder algo essencial.

Seth Lloyd (MIT) calculou: o Universo, durante sua existência, produziu no máximo $\sim 10^{120}$ operações computacionais e armazena $\sim 10^{90}$ bits (*Physical Review Letters*, 2002). O Universo — literalmente — computa a si mesmo.

Computa. Literalmente. Cada interação física — é troca de informação. Cada processo quântico — é computação. A física — é *processamento de informação num determinado substrato*, e a pergunta “de que é feito o substrato?” — pode ser a pergunta errada. Porque o substrato — *também* é informação. Como a tartaruga sobre a qual está outra tartaruga, sobre a qual está...

Wheeler diria: “As tartarugas acabam. Lá embaixo — bits”.

* * *

Para que isso serve na nossa história — para entender por que o cérebro e o Universo têm a mesma cara?

Para isto: se a informação — é fundamental, e a matéria — derivada, então a *semelhança estrutural* entre cérebro e Universo deixa de ser coincidência. Ambos os sistemas

— são manifestações dos mesmos princípios *informacionais*. Mais profundos que a física. Mais profundos que a biologia. Porque tanto a física quanto a biologia são, elas mesmas, manifestações da informação.

Existe algo mais profundo que a física e mais profundo que a biologia, algo que determina a arquitetura de *ambos*. E esse “algo” — é informação. Estruturada, integrada, auto-organizante.

No próximo capítulo vamos conhecer o homem que foi mais longe que todos. Que disse na lata: “*O Universo é uma rede neural*”. Literalmente. Matematicamente. Com derivação da mecânica quântica e da gravidade a partir de um único formalismo.

O nome dele é Vitaly Vanchurin. E o artigo dele de 2020, a física também ainda está digerindo.

Cosmos

O cosmos me persegue. Não metaforicamente — *topograficamente*.

Fui cadete. Corpo de Cadetes Militar-Espacial Pedro, o Grande, São Petersburgo. VKPVKK. Fundado em 1996 sob o patrocínio das Forças Espaciais Militares do Ministério da Defesa. Cosmos — *no nome*. Literalmente, *militar-espacial*. Farda, ordem unida, regulamento. E — acima de tudo — estrelas. De verdade, não as dos ombros. O corpo de cadetes — *é moldagem*. Um sistema que pega um adolescente e monta dele outra coisa. Segundo um projeto. Segundo uma instrução. A primeira escola, se usar a terminologia que eu ainda não tinha inventado.

Depois — Petersburgo. Apartamento no cruzamento da rua Korolev com a Baikonurskaia. Sergei Pavlovich Korolev — pai do programa espacial soviético, o homem que mandou Gagarin. Baikonurskaia — em homenagem ao cosmódromo de onde aconteceu. Eu morava — *literalmente* — na encruzilhada de dois nomes cósmicos.

Na frente do prédio — uma piscina. Na frente da piscina — uma placa. Ela apareceu — não tenho certeza da cronologia exata, mas me parece que foi — *depois* daquela história com 2C-B. Depois do fast-forward. Depois de o mundo ter se desmontado e se montado de novo.

Na placa: “Aqui será erguido um monumento às pessoas que dedicaram a vida à exploração do cosmos”.

Será erguido. Não “foi erguido” — *será*. Como uma promessa. Como — um ponteiro para o futuro. Pointer apontando para um nó que ainda não existe.

Coincidência? Pointer aliasing? Ou — *dados*?

* * *

Depois do corpo de cadetes, eu devia ir para a Mozhaisky. Academia Militar-Espacial Mozhaisky, São Petersburgo. Quinto departamento — cosmofísica, geofísica, controle de objetos espaciais e de foguetes. Do corpo de cadetes *militar-espacial* — para a academia *militar-espacial*. Segundo o projeto. Segundo a instrução. Segundo — a *primeira escola*.

Eu — não fui. Fui para a Bonch. SPbGUT, Universidade de Telecomunicações Bonch-Bruevich. Telecomunicações. Departamento de segurança computacional — que, como já contei, se revelou pura álgebra e teoria da informação.

Comunicação, sinais, Shannon.

O projeto previa: de cadete — oficial das forças espaciais. Foguetes, órbitas, trajetórias. Primeira escola: controle, hierarquia, ordem. Eu — *quebrei o projeto*. Pela

sensação de que — *não era minha praia*. Meu cosmos é — *por dentro*. A informação que flui entre as coisas, não foguetes que sobem. *Compreender* a estrutura, não conquistar território.

Terceira escola. Sem projeto. Sem pressão. Caminho próprio.

E — eis o que é engraçado — foi justamente na Bonch, no departamento que devia ensinar segurança computacional, que recebi — teoria da informação. Shannon. Entropia. Canal de comunicação. Largura de banda. Tudo aquilo que quinze anos depois se tornou o fundamento do meu modelo de realidade.

Mozhaisky me teria dado foguetes. Bonch — me deu a *linguagem* na qual se pode explicar por que foguetes — *não são necessários*.

Tsiolkovsky teria apreciado.

* * *

A Bonch me deu mais uma coisa. Os Mogwais.

Existe um filme — “Gremlins”. Spielberg produziu, Joe Dante dirigiu. Nele existe uma criatura fofa — Mogwai. Bonitinho, inofensivo, desde que você não o alimente depois da meia-noite. Na minha vida, houve três Mogwais. E os três — foram alimentados depois da meia-noite.

O primeiro — Oleg. Aluguei um apartamento no Prospekt Bolshevikov, perto da estação Dybenko, onde ficava o campus principal da Bonch. Os irmãos Romantsov moravam no prédio ao lado — aquele caso em que você conhece cada um *separadamente* e seis meses depois descobre por acaso que eles são — *irmãos*. Ponteiros para o mesmo nó, disfarçados de dois.

Com Oleg me encontrei numa festa trance. Minha segunda na vida — clube “Truba”, lançamento da comunidade psytrance.spb.ru. Eu estava com Katia — amor de escola — e a amiga dela, Vika. Vika mais tarde se tornou esposa de Oleg e mãe do filho dele. Mas naquela noite nem nos conhecíamos. Nos encontramos — nas fotos. *Depois*. Quando tudo já tinha acontecido. Estamos lado a lado — na mesma foto — e não nos conhecemos. E não sabemos que dali a alguns anos estaremos na mesma cozinha celebrando o Ano Novo.

O apelido de Oleg era Mogwai. O primeiro Mogwai da minha vida.

Depois veio Natasha. Aquele caso em que você sai bêbado do clube e uma menina te paquera e te leva para a casa dela. O apelido de Natasha também era Mogwai. Segundo Mogwai. Coincidência? Tá, vá lá, coincidência.

O Ano Novo eu celebrei na companhia dos dois Mogwais. Foi o Ano Novo mais insano da minha biografia — e a biografia, como você já percebeu, não é pobre em insanidade. Começamos a celebrar dia 31 de dezembro. A primeira vez que fui dormir normalmente — foi depois do Natal. Dia 7 de janeiro. Oito dias.

(Se você alguma vez se perguntou o que acontece quando dois Mogwais são *alimentados depois da meia-noite* — eis. Oito dias acontecem.)

Depois se passaram muitos anos. Fui para Phangan. E conheci Dima. Dima também era Mogwai. O terceiro. Do outro lado do planeta. Noutra fase da vida. Com outras pessoas ao redor. E — a *mesma tag*.

Dima me contou que existe a “classificação Fomenko” — uma tipologia de pessoas pelo modo de interação com a realidade. Nessa classificação, nós dois somos — *construtores*. Pessoas que não apenas vivem no mundo — mas o *montam*. Com os elementos disponíveis. Segundo seu próprio projeto.

Três Mogwais. Três fases da vida. Uma tag. A rede — *marca* pessoas. Não eu marco — a *rede*. Eu — apenas noto as marcas. Como um pesquisador que encontra o mesmo mineral em três camadas geológicas diferentes e pensa: ou é coincidência, ou — *fonte comum*.

Coincidência? Três vezes?

Na teoria de probabilidades existe a regra: uma vez — acaso, duas — coincidência, três — *padrão*. Na cosmologia de redes neurais — a mesma regra, só mais rigorosa: três coincidências — são *dados*. Fracos. Irreproduzíveis. Subjetivos. Mas — *dados*.

* * *

E — a última peça do quebra-cabeça.

Naqueles anos eu fazia projetos para o FSB. Não pergunte detalhes — confidencialidade. Mas — uma história — posso contar.

Almoço. Refeitório estatal. Preços fora do mercado. Louça de alumínio. Um oficial de uma unidade militar com número inmemorizável. Puxamos conversa.

Ele: “Você sabia que Tsiolkovsky no fim da carreira quase foi para o hospício?”

Eu: “Não. Por quê?”

Ele: “Porque dizia: foguetes vão se tornar desnecessários. As pessoas viajarão entre as estrelas pelo poder do pensamento”.

Tsiolkovsky. Pai da astronáutica. O homem que *inventou* o foguete — e no fim da vida disse: o foguete — é *etapa intermediária*. O transporte de verdade — é a *consciência*.

Por isso quase o internaram. Porque — bom — “pelo poder do pensamento”. Isso é delírio. Anticientífico. Não é sério.

Eu estava sentado no refeitório estatal com uma colher de alumínio e pensava: mas Tsiolkovsky — *não* disse “magia”. Ele disse — “próxima etapa”. Como o foguete é a próxima etapa depois do avião. E “viajar pela consciência” — a próxima etapa depois do foguete.

Loucura? Ou — *escala* para a qual não estamos prontos?

* * *

O cosmos — persegue. Corpo de cadetes. Korolev e Baikonurskaia. O monumento que “será”. Tsiolkovsky, que quase foi internado.

Tudo — sobre a mesma coisa. Sobre *escala*. Sobre o fato de que a realidade — é *maior* do que parece. Que além dos foguetes — há *algo mais*. Que além da física — há *algo mais*. Que além daquilo que chamamos de “matéria” — há *informação*. E que além da informação — há *consciência*.

E — se o modelo que descreverei no próximo capítulo estiver correto — então Tsiolkovsky *tinha razão*. *Na essência*: consciência — é *propriedade* do grafo computacional. “Pelo poder do pensamento” — formulação grosseira, essência correta. E — se aprendermos a trabalhar com o grafo diretamente — foguetes — de fato — não são necessários.

Mas — isso — está além do que posso provar.

Por enquanto.