

## NeuroPoiese: A estética na dinâmica do fluxo neural

### *NeuroPoiesis: The aesthetics in the dynamics of neural flow*

Laion Arthur Oliveira Cabral<sup>1</sup>

Laurita Ricardo de Salles<sup>2</sup>

Hugo Alexandre Dantas do Nascimento<sup>3</sup>

#### **Resumo**

Este artigo apresenta o conceito de "NeuroPoiese", detalhando a segunda fase experimental de uma pesquisa de doutorado no Media Lab/UFG. Transpondo o conceito biológico para a arte tecnológica, propõe-se um "nicho neurogênico artificial" metafórico via *software* interativo intitulado "NeuroGenesis". O sistema traduz dados cerebrais brutos de um dispositivo *OpenBCI*, transformando os sinais em uma nuvem de 100.000 partículas 3D e em sintetizadores de áudio oscilatórios. Esse acoplamento estético por *biofeedback* permite vivenciar o fluxo neural em tempo real, onde estados de concentração e relaxamento alternam-se dinamicamente na paisagem audiovisual entre o caos entrópico e a estabilização generativa, o que reflete a união indissociável entre a ciência, o código, a estética e a poética artística.

**Palavras-chave:** Neuroarte, *biofeedback*, interface cérebro-computador, EEG, neuropoiese.

#### **Abstract**

*This article presents the concept of "NeuroPoiesis," detailing the second experimental phase of a doctoral research project at Media Lab/UFG. By transposing the biological concept into technological art, a metaphorical "artificial neurogenic niche" is proposed through an interactive software titled "NeuroGenesis." The system translates raw brain data from an OpenBCI device, transforming the signals into a cloud of 100,000 3D particles and oscillatory audio synthesizers. This aesthetic coupling via biofeedback allows for a real-time experience of the neural flow, where states of concentration and relaxation alternate dynamically within the audiovisual landscape between entropic chaos and generative stabilization, reflecting the inseparable union among science, code, aesthetics, and artistic poetics.*

**Keywords:** Neuroart; *biofeedback*; brain-computer interface; EEG; neuropoiesis.

---

<sup>1</sup> Laion Cabral, Artista Visual pesquisador na área de Arte e tecnologia. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Artes, Culturas e Tecnologias / Media Lab - UFG.

<sup>2</sup> Laurita Salles, Artista pesquisadora na área de Arte e tecnologia e Artes Visuais. Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação em Artes, Culturas e Tecnologias / Media Lab - UFG; também professora colaboradora voluntária na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) em pesquisa e extensão.

<sup>3</sup> Hugo Nascimento, Professor Titular do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás e Professor Permanente dos Programas de Pós-Graduação em Ciência da Computação e em Artes, Culturas e Tecnologias / Media Lab - UFG.

## Introdução

### 1. Introdução: A Neuropoiese na Arte Tecnológica

O presente artigo apresenta o tema da Neuropoiese e a segunda fase de experiências em desenvolvimento, realizadas durante o doutorado junto à Pós-Graduação em Artes, Culturas e Tecnologias do Media Lab/UFG. É de fundamental importância entender que este estudo não tem objetivos e pretensões médicas; aqui, a experiência artística, estética e interativa constitui o foco principal.

Neste contexto, a neuropoiese é definida como a gênese contínua da estrutura nervosa em resposta à interação com o sistema. O conceito é uma transposição direta da biologia molecular para o território da arte tecnológica. Enquanto a autopoiese<sup>4</sup> trata da conservação da vida (autocriação ou automanutenção), a neuropoiese foca no vir-a-ser do sistema cognitivo. A escolha deste termo justifica-se pela necessidade de nomear o processo de surgimento de configurações mentais e visuais únicas que ocorrem durante o acoplamento entre o cérebro do interator e o sistema.

O termo "neuropoiese" foi introduzido por David J. Anderson (1989), apresentando-se como a versão neuronal da hematopoiese<sup>5</sup> e estabelecendo as bases para o estudo das linhagens de células-tronco neurais. Essa analogia sugere a existência de uma "medula cerebral" (*brain marrow*), indicando um potencial neurogênico vitalício do sistema nervoso central de refazer-se continuamente. A originalidade desta pesquisa reside no hiato teórico

---

<sup>4</sup> Autopoiese é a capacidade de um sistema de recriar e manter a si próprio. Criado nos anos 1970 pelos biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela, o termo define os seres vivos como estruturas autônomas que produzem continuamente seus próprios componentes e regeneram suas próprias partes.

<sup>5</sup> Hematopoiese (ou hemopoiese) é o processo contínuo de produção, renovação e maturação das células sanguíneas (hemácias, leucócitos e plaquetas) a partir de células-tronco pluripotentes na medula óssea.

identificado: embora a neuropoiese seja amplamente estudada em contextos de reparação celular, a sua transposição para a arte tecnológica visando processos interativos e estética cibernética representa uma nova possibilidade de criação.

Ao adotar este conceito, a pesquisa afasta-se de uma representação passiva de dados neurais para atuar como uma intervenção ativa. Como postulado por Pellanda (2003), o observador não está fora do sistema, mas o constrói a partir de sua própria organização biológica. O *software* atua não como um estimulador biomédico, mas como um "nicho neurogênico artificial" de caráter metafórico. Dessa forma, a tecnologia facilita o "fazer-se cérebro" do interator. Os dados brutos extraídos do Eletroencefalograma (EEG) abandonam a função clínica para se diferenciarem em visualidades e sonoridades, instigando o usuário a uma regeneração perceptiva e subjetiva.

## **2. O Corpo e o Cérebro como Matéria-Prima (O Dado Vivo)**

Tradicionalmente, a arte usa o corpo como modelo (uma pintura) ou como suporte (a performance). Neste trabalho, o corpo — especificamente o cérebro — torna-se a própria "tinta e o pincel". Ao captar as ondas cerebrais via EEG, os ruídos e frequências da mente são tratados como um fluxo de dados vivo.

Esses dados alimentam diretamente os algoritmos, fazendo com que os estados mentais de atenção ou de relaxamento do interator moldem a obra em tempo real. A poética artística deste trabalho reside na criação de um espelho vivo e responsivo da mente humana, onde a fronteira entre o que é interno (os impulsos elétricos do pensamento) e o que é externo (a imagem e o som digitais) deixa de existir. A arte aqui não é estática; ela vibra no mesmo ritmo biológico de quem a observa, transformando o invisível orgânico em matéria sensível.

### 3. Estruturação Heurística e Arquitetura em NeuroGenesis

Nesta pesquisa, a tradução matemática dos sinais brutos do EEG para a estética visual (como o movimento das partículas e cores) e sonora não obedece a uma regra clínica determinista. Pelo contrário, as regras do código foram construídas de forma exploratória, através da observação, tentativa, erro e descoberta poética do próprio artista-pesquisador.

A materialização empírica ocorreu com a codificação de um software de front-end interativo intitulado "Neurogenese" (Figura 1). Este ambiente atua como o motor generativo do sistema e foi programado inteiramente com linguagens web nativas (*HTML5 e JavaScript ES6*), integradas a bibliotecas como a *Three.js* (tecnologia *WebGL* para renderização de massas de dados 3D) e a *Web Audio API* (para síntese acústica oscilatória).

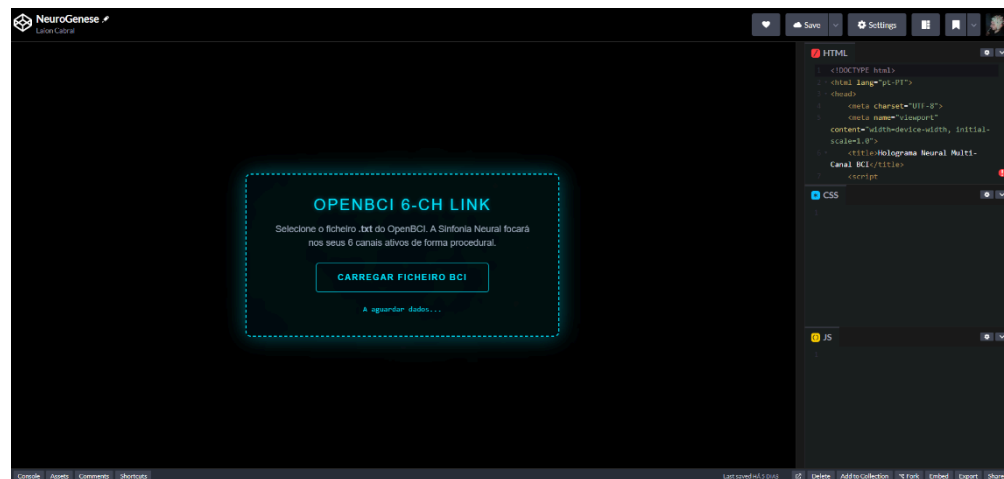


Figura 1 – Interface Neurogênese Inativa.  
Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

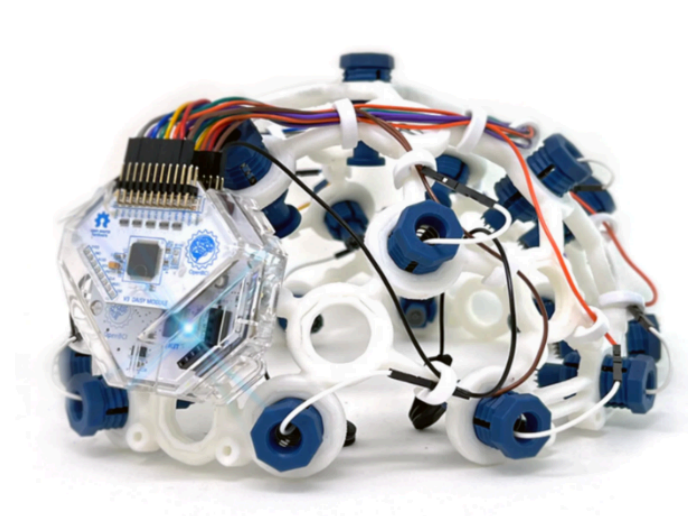
A "estruturação heurística" descreve a forma como os parâmetros do software foram organizados: trata-se de uma construção lógica computacional guiada pela exploração sensitiva, alinhando-se aos preceitos da pesquisa baseada em artes<sup>6</sup> (*Art-Based Research*).

<sup>6</sup> A Pesquisa Baseada em Artes (ABR) é uma abordagem metodológica em que o pesquisador utiliza os processos criativos e as práticas artísticas como o meio primário de investigação e

#### 4. Extração, Limpeza e Tratamento dos Sinais

A captação dos sinais do EEG é realizada mediante a interface *Cyton Board* (*OpenBCI*, figura 2). O sistema decodifica os sinais neurais e, por escolha poética focada em estados mentais primários, isola 6 canais válidos baseados no modelo internacional 10-20:

Figura 2 - Dispositivo OpenBCI.



Fonte: <https://shop.openbci.com>.

- **Córtex Pré-Frontal (Fp1, Fp2):** Captação de variações associadas à atenção, ao engajamento e ao relaxamento contínuos.
- **Lobo Temporal (T3, T4):** Áreas sensíveis ao processamento e interpretação acústica.
- **Lobo Occipital (O1, O2):** Decodificação da percepção visual, formas, cores, movimento.

---

produção de conhecimento. Na ABR o fazer artístico é o próprio método científico. A hipótese, os testes, os erros e as descobertas acontecem durante o processo de criação da obra.

No núcleo de processamento do simulador, a captura das microvoltagens ocorre a uma taxa de amostragem constante de 250 Hz (250 leituras por segundo), garantindo a fidelidade da variação elétrica. O sistema armazena esses dados num *buffer* circular numérico de 256 amostras para alimentar o motor matemático da obra.

Uma Transformada Rápida de Fourier (FFT) é aplicada aos dados. O sinal original, puramente temporal e caótico, é decomposto pela FFT para revelar as frequências dominantes e suas amplitudes. Para garantir a limpeza visual e sonora, o algoritmo atua como um filtro, ignorando ruídos irrelevantes e focando estritamente no ritmo de interesse para a instalação, situado no espectro entre 4.0 Hz e 30.0 Hz.

## 5. Protocolo de Transdução Poética e a Nuvem de Partículas

O diferencial artístico da obra materializa-se no tratamento dos dados oriundos da FFT. No espaço cênico gerado pela *Three.js*, não existem imagens pré-gravadas, mas sim um "vazio" tridimensional de onde emergem dinamicamente 100.000 partículas luminosas (*BufferGeometry*), dispostas de modo semi-aleatório.

A posição inicial de cada partícula é calculada através de algoritmos de sorteio numérico (*Math.random()*), presos dentro de fórmulas trigonométricas de coordenadas esféricas. A semialeatoriedade atua através de duas restrições espaciais principais:

1. **Restrição de Raio (Distância):** O algoritmo impede que as partículas se espalhem infinitamente através da fórmula:

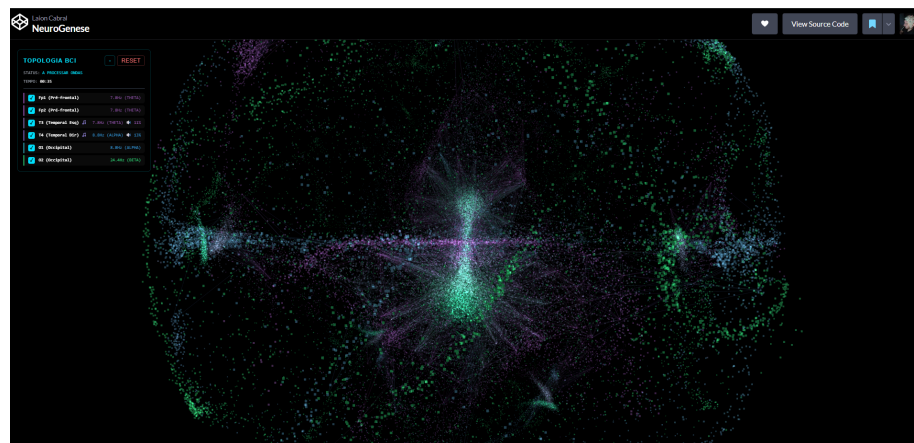
$$r = 100 + \text{Math.random()} \cdot 80$$

2. **Distorção de Eixos (Formato Orgânico):** A esfera perfeita é deformada multiplicando-se os eixos de modo assimétrico (o eixo Y é

achatado multiplicando-o por 0.9, e o eixo Z é esticado por 1.3), o que obriga a nuvem a assumir um formato ovalado semelhante a uma massa cerebral ou tecido celular.

No processo interativo, essa massa virtual comporta-se como células na "Neuropoiese": se dois nós ativos de frequência convergem espacialmente, vetores luminosos (operando sob *AdditiveBlending*) são gerados, criando a estética viva de redes e sinapses brilhantes em tempo real. (Vide Figura 3).

Figura 3 - Neurogenese nascimento de neuronios e ligações 2 zoom in.



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

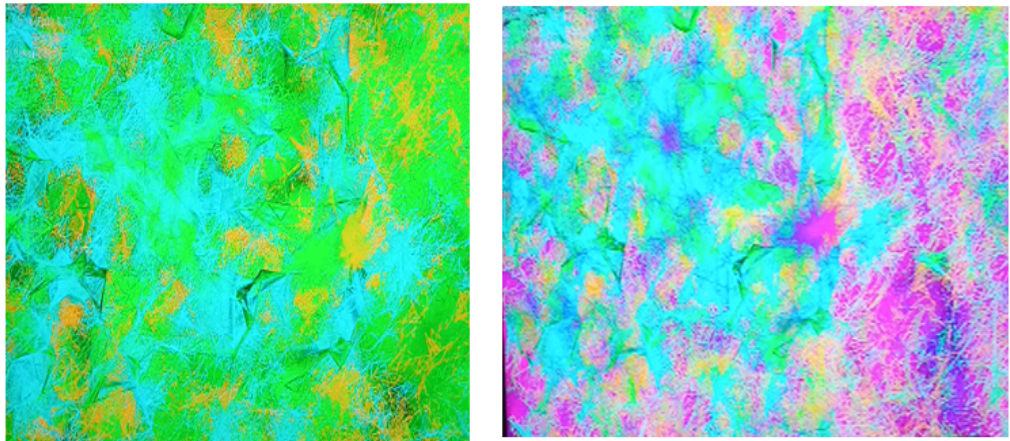
Se a placa *OpenBCI* perder o contato com o corpo ou detectar "silêncio sináptico" (Ruído/ND), os motores oscilatórios desligam-se, a música cessa, e as partículas adquirem colorações cinzas mortas, devolvendo a instalação à escuridão. A matemática, portanto, não diagnostica, mas pinta a tela existencial do corpo sob a lógica do *biofeedback*.

## 6. Processo Evolutivo: Os Protótipos

A consolidação estética e funcional da pesquisa percorreu sucessivas etapas de prototipagem, nas quais a representação visual evoluiu de geometria aleatória para dinâmicas generativas orgânicas:

- **Protótipo 1 – Sessões em tempo real:** Fase conduzida com a linguagem *Python* e *Processing*. Utilizou-se uma montagem de 2 canais no córtex pré-frontal (Fp1 e Fp2). As formas geravam cores e ramificações que se modificavam mediante o gradiente de concentração e relaxamento do interator. (Vide figura 4).

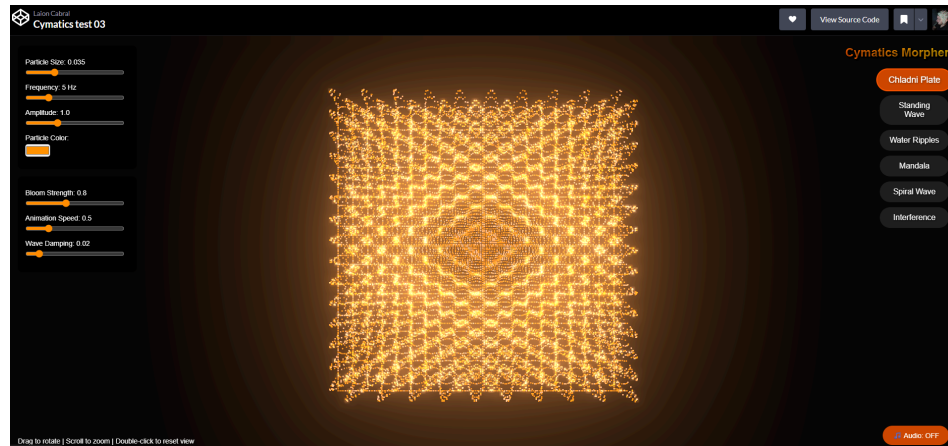
Figura 4 - Primeiras formas OpenBCI - Processing



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

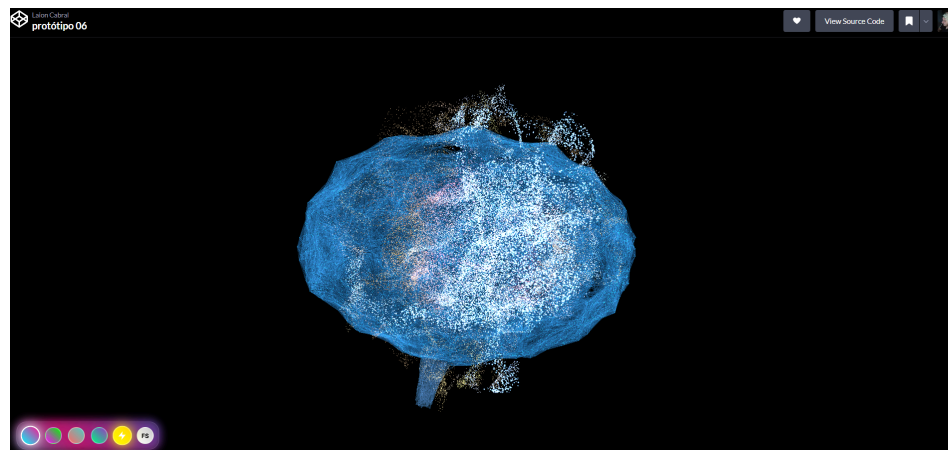
- **Protótipo 2 – Experimentações audiovisuais:** Testes com IA e múltiplos *softwares* visando encontrar visualizações aderentes à proposta. As representações iniciaram como simulações de formas cimáticas, evoluindo para delineamentos cerebrais e, por fim, estruturas que simbolizassem o tecido de neurogênese. (Figuras, 5 e 6).

Figura 5 - Experimentações cimáticas 2.



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

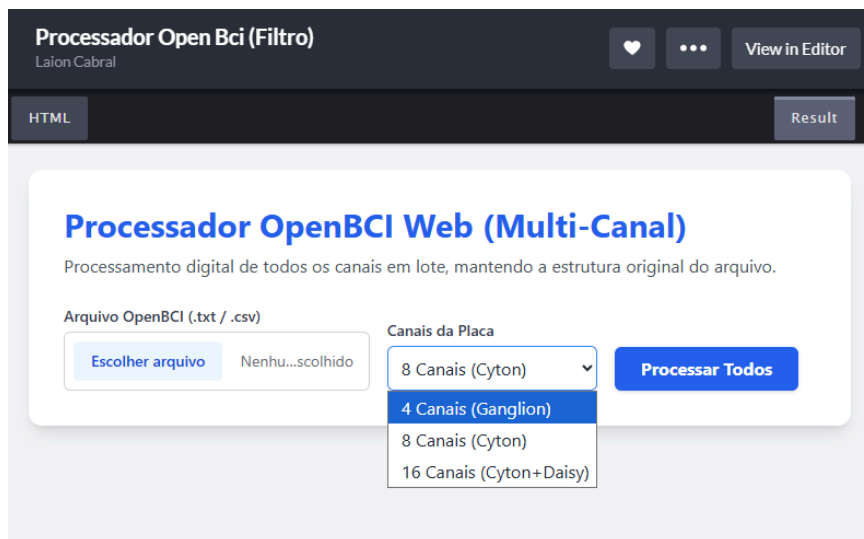
Figura 6 - Cérebro Sináptico ativado.



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

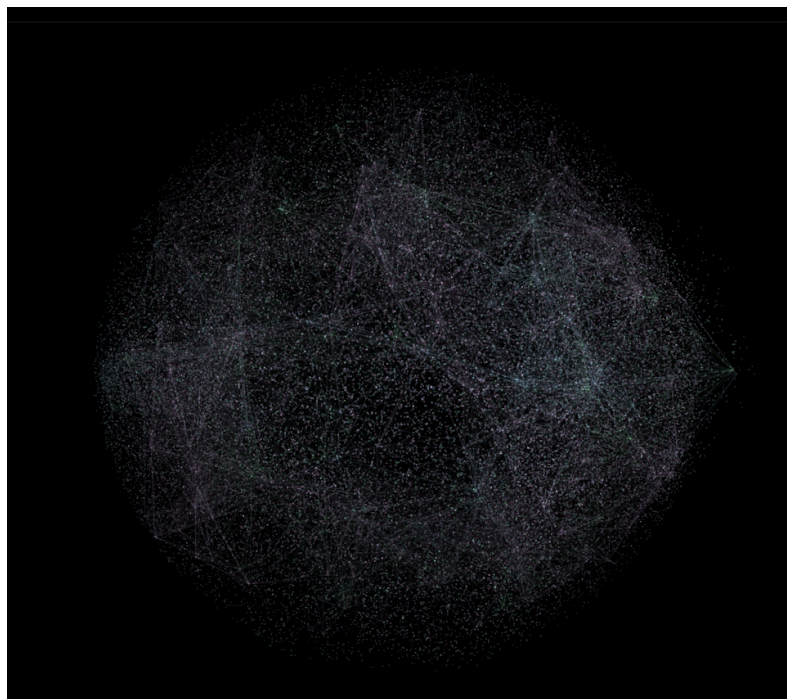
- **Protótipo 3 – O Software Neurogenese:** Fase atual da pesquisa. Desenvolveu-se o sistema de filtragem de sinais (isolando frequências Alpha, Beta e Theta, conforme a figura 7). Incorporou-se os canais temporais (T3 e T4) para geração de ambiência acústica e consolidou-se o comportamento de semi-aleatoriedade tridimensional na nuvem de partículas dinâmicas tridimensionais. (Vide figuras de 8 à 12).

Figura 7 - Processador dos sinais OpenBCI.



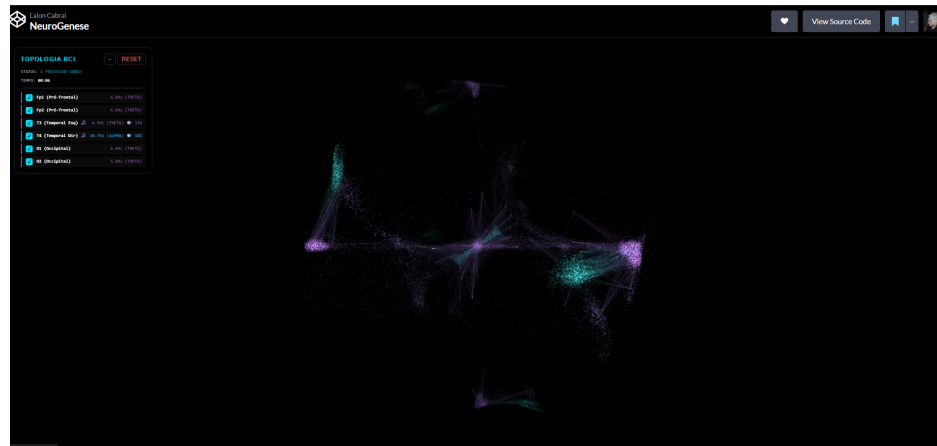
Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

Figura 8 - Neurogenese Nuvem 100.000 partículas.



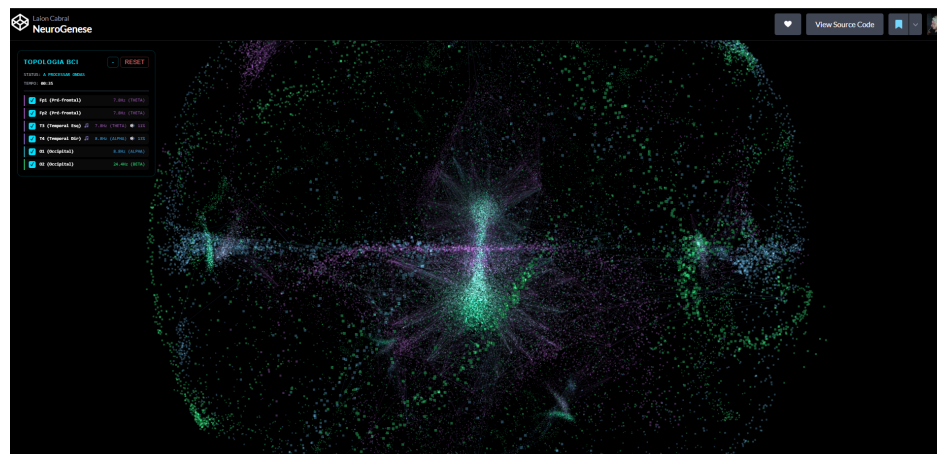
Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

Figura 9 - Neurogenese nascimento de neuronios e ligações 1.



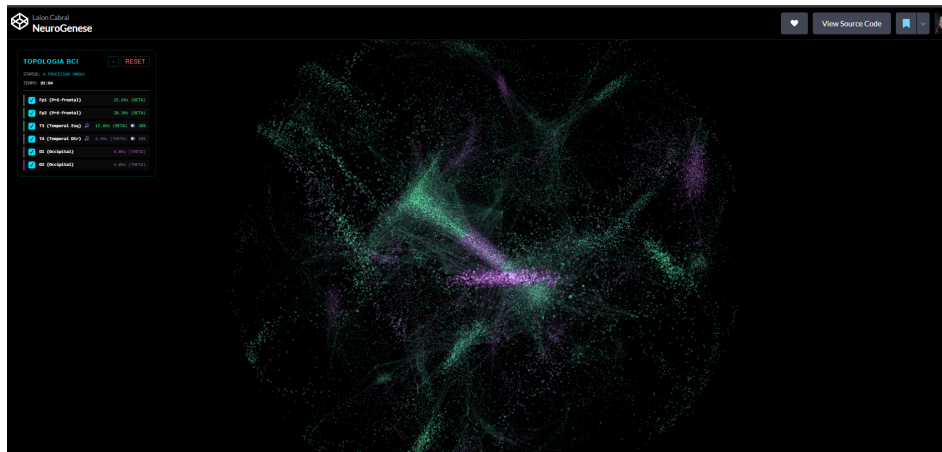
Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

Figura 10- Neurogenese nascimento de neuronios e ligações 2 zoom in.



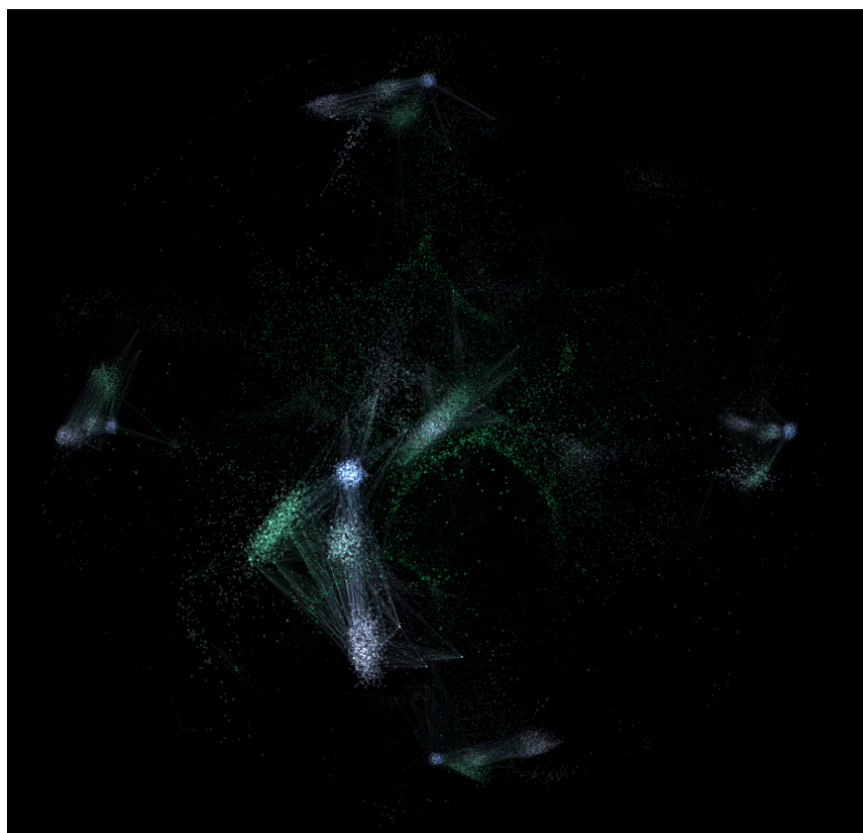
Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

Figura 11 - Neurogênese nascimento de neurônios e ligações 3.



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

Figura 12 - Neurogênese nascimento de neurônios e ligações 4 zoom.



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

A experiência interativa propõe, em última análise, a materialização artística dos estados mentais caóticos (embaralhamento estético e geométrico) contrastando com os estados de meditação e foco profundo, onde os "neurônios e conexões virtuais" florescem, transformando a mente que habita a obra em ato imediato de criação.

## 7. Considerações Finais

Esta pesquisa demonstra um salto tecnológico e conceitual em relação ao projeto inicial, "Neuroarte", apresentado no SIIMI 2025. Naquela primeira fase, o objetivo era validar a conexão homem-máquina de forma simples, usando apenas dois canais cerebrais frontais (Fp1 e Fp2) em *Python* e *Processing* para gerar formas geométricas bidimensionais.

Na atual fase da "NeuroPoiese", o sistema evoluiu para o ambiente Web (*Three.js* e *Web Audio API*) e expandiu a leitura para seis canais cerebrais, captando também estímulos das áreas temporais (T3, T4) e occipitais (O1, O2). Com isso, a obra deixou de ser meramente reativa para se transformar em um "nicho neurogênico artificial": uma nuvem orgânica tridimensional com 100.000 partículas combinada a sintetizadores de som imersivos. Essa evolução transforma o *biofeedback* em uma extensão poética, que dissolve as fronteiras entre a mente e o universo virtual, transformando a interação em um ato contínuo de recriação estética.

## Referências

- Anderson, D. J. (1989). The neural crest cell lineage problem: Neuropoiesis? *Neuron*, 3, 1–12.
- Grau, O. (2018). *Virtual art: From illusion to immersion*. MIT Press.
- Morin, E. (2015). *Introdução ao pensamento complexo*. Sulina.

Pellanda, N. M. C. (2003). Complexidade e autopoiesis: Contribuições para o estudo da cognição no espaço digital. *Informática na Educação: Teoria & Prática*, 6.

Rey, S. (2002). Por uma abordagem metodológica da pesquisa em artes visuais. In B. Brites & E. Tessler (Eds.), *O meio como ponto zero: Metodologia da pesquisa em artes plásticas*. Ed. Universidade/UFRGS.

Valéry, P. (2007). *Variedades: Antologia* (J. A. Barbosa, Ed.). Iluminuras.

Yucha, C., & Montgomery, D. (2008). *Evidence-based practice in biofeedback and neurofeedback*. AAPB.