



<maquinário_b10sensível>:

SISTEMAS RETICULARES AFETIVOS ENTRE
MÁQUINAS E ORGANISMOS VIVOS

Artur Cabral Reis



ARTUR CABRAL REIS

Universidade de Brasília
Instituto de Artes
Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais (PPGAV)

**<maquinário_b10sensível>:
SISTEMAS RETICULARES AFETIVOS ENTRE MÁQUINAS E
ORGANISMOS VIVOS**

ARTUR CABRAL REIS

**<maquinário_b10sensível>:
SISTEMAS RETICULARES AFETIVOS ENTRE MÁQUINAS E
ORGANISMOS VIVOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais do Instituto de Artes da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutorado sob orientação do Prof. Dr. Carlos Augusto da Nóbrega.

Brasília
2025

Brasília
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Adriano Lázaro e Márcia Valéria, por todas as oportunidades que me concederam e por todo amor e paciência ao longo desta trajetória. Agradeço também aos meus irmãos, Bruna e Hugo, e aos meus tios, por todo o apoio e por me acompanharem em cada etapa deste trabalho.

À Tainá Luize, por sua parceria e constante amizade. Sem suas contribuições, incentivo e conselhos, não teria sido possível realizar esta pesquisa.

Aos meus amigos, pelo estímulo constante e genuíno interesse na pesquisa, e aos novos amigos que conquistei durante minha trajetória acadêmica, que me ofereceram uma valiosa rede de apoio.

A todos os meus colegas do Medialab (Laboratório de Pesquisa em Arte Computacional) da Universidade de Brasília, pelo suporte durante o desenvolvimento deste trabalho, bem como ao Nano (Núcleo de Arte e Novos Organismos) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que acolheu minha pesquisa durante esse período. E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese.

Ao Professor Doutor Guto Nóbrega, meu orientador, pela compreensão, confiança e aconselhamentos, e por ter pacientemente me guiado durante esta jornada desafiadora.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, pelo cuidadoso direcionamento e generosidade nas contribuições e apontamentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais e ao Instituto de Artes da Universidade de Brasília, em especial aos docentes e técnicos administrativos, que contribuíram fundamentalmente para minha formação.

À Fundação para a Ciência e Tecnologia, pela Bolsa de Doutoramento concedida, que foi essencial à realização desta pesquisa.

RESUMO

A presente pesquisa parte do pressuposto que acoplamentos entre máquinas e organismos vivos, no contexto poético, envolvem um sistema de conexão e propagação de afetos a partir de uma experiência que conjuga uma rede múltipla de agentes. Trata-se de um sistema não apenas técnico, mas que comporta questões subjetivas do artista, enquanto inventor destes acoplamentos, do observador, enquanto receptor da obra, assim como modos coerentes do vivo, da máquina e seu meio de forma integrativa.

A partir desta hipótese, investigamos como a margem de indeterminação dos objetos técnicos, segundo uma perspectiva lançada por Gilbert Simondon, torna-se fundamental devido à abertura que esta proporciona à capacidade do sistema para se relacionar com informações externas e interagir de maneira profícua com o meio associado de maneira emergente.

Na presente pesquisa buscamos entender o maquinário não apenas como um artefato técnico, mas como o locus no qual reside a complexa relação entre humano e técnica, capaz de mediar uma troca sensível entre indivíduos, organismos e o meio ambiente, um sistema de acoplamento de sensibilidades amparado pelo seu entorno.

A sensibilidade, a qual nos referimos nesta pesquisa, não se trata especificamente de modos de sentir da máquina, à luz de seus dispositivos de monitoramento do mundo, mas sim, um resultado que emerge do contexto de sinergia entre os diversos componentes atuantes de um dado objeto técnico enquanto criação artística.

O escopo prático-teórico desta tese visa aprofundar estudos sobre o uso de sistemas computacionais para a construção de tais criações poéticas, considerando o contexto das práticas artísticas em diálogo com as tecnologias da informação, com a cibernetica, com a filosofia da técnica e com as produções artísticas que exploram a hibridação enquanto relação sistêmica entre natureza e cultura, assim como visto nos trabalhos de Guto Nóbrega, Gilberto Esparza, Marilia Bergamo, Suzete Venturelli e a dupla Christa Sommerer & Laurent Mignonneau.

Palavras-chave: maquinário_b10sensível; máquina computacional; organismos vivos; redes; arte e tecnologia; reticular.

ABSTRACT

This research is based on the premise that couplings between machines and living organisms, in a poetic context, involve a system of connection and propagation of affects through an experience that integrates a multiple network of agents. This system is not merely technical but also encompasses the subjective dimensions of the artist, as the inventor of these couplings, the observer, as the receiver of the artwork, as well as the coherent modes of the living, the machine, and its environment in an integrative manner.

From this hypothesis, we investigate how the margin of indeterminacy of technical objects, according to a perspective introduced by Gilbert Simondon, becomes fundamental to the system due to the openness it provides, allowing the system to relate to external information and interact productively with the associate environment in an emergent way.

In this research, we seek to understand machinery not merely as a technical artifact but as the locus of the complex relationship between humans and technology, capable of mediating a sensitive exchange between individuals, organisms, and the environment—a system of coupling sensitivities supported by its surrounding environment.

The sensitivity referred to in this study is not specifically related to the ways machines perceive, through their monitoring devices, but rather to a result that emerges from the synergy between the various active components of a given technical object as an artistic creation.

The practical-theoretical scope of this thesis aims to deepen studies on the use of computational systems for the construction of such poetic creations, considering the context of artistic practices in dialogue with information technologies, cybernetics, philosophy of technology, and artistic productions that explore hybridization as a systemic relationship between nature and culture, as seen in the works of Guto Nóbrega, Gilberto Esparza, Marilia Bergamo, Suzete Venturelli, and the duo Christa Sommerer & Laurent Mignonneau.

Keywords: maquinário_b10sensível; computational machine; living organisms; networks; art and technology; reticular.

LISTA DE FIGURAS

1. Sistema mecânico de autômato projetado por Jaquet-Droz durante o século XVIII p. 24
2. Registro do trabalho Construction in Space Nº1 de Naum Gabo p. 26
3. Registro da escultura Cybernetic Sculpture System No. 1 p. 29
4. Exemplos de aplicação do algoritmo Perlin Noise p. 34
5. Still da animação Stanley & Stella in "Breaking the Ice" (1987) p. 34
6. Exemplo de padrões gerados a partir do Jogo da Vida de Conway p. 36
7. A-Volve de Sommerer/ Mignonneau (1993) p. 38
8. Esquema comparativo B1/0-tropismo p. 47
9. Croqui Inicial do Projeto p. 48
10. Registro B1/0-tropismo p. 50
11. Screenshot B1/0-tropismo na exposição Emmeio#13.0: Contaminações p. 53
12. Instalação Flores de Plástico Não Morrem p. 66
13. Impressões das flores de plástico geradas a partir dos sinais de resistência galvânica das plantas p. 69
14. Hommage à Barbaud de Vera Molnár (1974) p. 76
15. Objeto da série Quantum Foam de Frederik De Wilde (2019) p. 79
16. Objeto da série Quantum Foam [Encryption Castle] de Frederik De Wilde na exposição "SECRET" na Science Gallery Dublin (2015) p. 81
17. Obra Knobby Clubbrush de Bergamo p. 83
18. Fotografia obra Mus_Go na exposição EmMeio#14 p. 89
19. Detalhe tecido vegetal na obra Mus_Go p. 90
20. Fotografia obra Mus_Go em funcionamento na exposição EmMeio#14 p. 92
21. Obra Breathing de Guto Nóbrega p. 116
22. Vista da exposição "Les Immatériaux", Centre Pompidou, Grande Galerie (1985) p. 122
23. Registro Plantas Nómadas de Gilberto Esparza (2011) p. 124
24. Fotografia Plantas Nómadas de Gilberto Esparza (2011) p. 126
25. Registro e projeto do trabalho Tree Mountain (1996) p. 129
26. Fotografia aérea do projeto Tree Mountain p. 130
27. Troncos de aparas, coletados e catalogados p. 137
28. Fotografia do trabalho Impressões Bio_digitais (2024) p. 138
29. Estação de monitoramento personalizada p. 140
30. Gravura de topo dos anéis de crescimento p. 141
31. Detalhe projeção mapeada com backprojection p. 142
32. Obra Impressões Bio_digitais na exposição Panoramas p. 144

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
SEÇÃO 1 ENTRE ORGANISMOS VIVOS E MÁQUINAS	20
1.1 As máquinas e a cibernética	22
1.2 Organismos vivos e os modelos computacionais	32
1.3 B1/0-tropismo : Entre a rede técnica e a natureza	43
Sistema <B1/0-tropismo >.....	55
SEÇÃO 2 ACOPLAMENTOS ENTRE MÁQUINA-HOMEM-NATUREZA.....	62
2.1 Interação Humano-Máquina	64
2.2 Organismos vivos e o sistema informacional em Arte e Tecnologia	71
2.3 Mus_go.....	86
Sistema <Mus_go >.....	95
SEÇÃO 3 O ARTISTA CULTIVADOR : MÉTODOS E AGENCIAMENTOS	104
3.1 O artista como regulador das margens de indeterminação	106
3.2 Sensibilidade e os acoplamentos entre organismo e máquinas	119
3.3 Impressões Bio_digitais.....	133
Sistema <Impressões Bio_digitais >.....	146
CONSIDERAÇÕES FINAIS	153
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, temos testemunhado transformações significativas no campo das ciências e suas tecnologias, impulsionadas pelos avanços da computação e suas interações com outras áreas do conhecimento, como a biologia, a química e a geologia. Muitos artistas têm reconhecido nesses avanços um potencial para a apropriação poética das novas tecnologias, explorando a interseção entre máquinas e organismos e questionando as fronteiras entre o biológico e o maquínico.

O borramento destas fronteiras tem nos tornado cada vez mais conscientes da transição em curso para uma nova concepção do termo “natureza” e de sua conexão com a cultura. Esse processo é amplificado pela necessidade de repensar as possíveis relações entre os seres humanos e o meio ambiente, especialmente diante da crescente conscientização sobre as mudanças climáticas decorrentes das transformações atmosféricas e ambientais.

O antropólogo e filósofo da ciência Bruno Latour, em uma carta aberta a Clive Hamilton (2013), destaca a importância de reconfigurar o antigo domínio social do humano perante a biosfera, como um modo poderoso e sensato de evitar o perigo da naturalização das ações destrutivas do homem. O pensamento de Latour (1994) promove a esperança de que, a partir desta perspectiva, humanos e não humanos possam abrir um “parlamento das coisas” para discutir estratégias de mediação e propor novas formas de contratualidades, a fim de afastar a ameaça de desigualdade nos níveis sustentáveis de equilíbrio, dentro do contexto ecológico, considerando também os impactos das novas tecnologias digitais (MORAES, 2004).

Consequentemente, em decorrência de um desenvolvimento tecnológico descontrolado, abusos da política tecnocrática em relação à natureza e ao meio ambiente têm provocado maior interesse dos artistas na investigação do poético e afetivo, como resposta ao momento atual, que nos coloca diante de um conjunto de incertezas (VERAS, 2021). Por outro lado, com a evolução tecnológica, os objetos técnicos têm, de certo modo, se imbricado cada vez mais no tecido

da realidade, acessando suas camadas mais profundas. Tal processo decorre da invenção de novos sensores e atuadores, do aumento da capacidade de processamento de grandes volumes de dados, da miniaturização dos processos tecnológicos em escala nanoscópica e da modificação dos sistemas biológicos por meio da digitalização.

Esse cenário nos convida a repensar nossa relação, enquanto humanos, com as naturezas, buscando dissolver a dicotomia entre “natureza” e “cultura”. Essa perspectiva tem orientado reflexões em diversos campos da ciência, como nos estudos de Bruno Latour, Gilbert Simondon e Timothy Morton, assim como na produção artística, por meio dos trabalhos de Gilberto Esparza, Marília Bergamo, Suzete Venturelli e Guto Nóbrega.

Diante disso, consideramos essencial investigar os aspectos que conjugam as máquinas — entendidas aqui como sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos ou computacionais —, os algoritmos e os organismos naturais no contexto da arte, a fim de compreender suas interconexões e possibilidades.

Portanto, esta pesquisa prática-teórica intitulada <maquinário_b10sensível>, inserida no domínio da experimentação artística que utiliza tecnologias computacionais para sua concepção, busca investigar os potenciais estéticos e poéticos que emergem do contexto de sinergia entre os diversos componentes híbridos que combinam os aspectos da máquina e seus algoritmos com organismos naturais, além da inventividade do artista na criação.

De maneira prática, a pesquisa aprofunda os estudos sobre a utilização de máquinas computacionais na criação de trabalhos de arte, explorando a interação com organismos vivos não humanos. Isso é realizado tanto pela incorporação de informações externas à máquina quanto pela simulação de processos complexos encontrados na natureza, que são sistematizados a partir da observação.

Para tanto, parte-se da hipótese de que, por meio do agenciamento das partes envolvidas na obra de arte e da exploração das possibilidades de acoplamento de sistemas maquínicos computacionais e organismos vivos, pode emergir uma

experiência poética e sensorial expressa na forma de um maquinário¹ sensível. Esse maquinário resulta da conexão e co-ação, em uma rede não apenas técnica, mas que também incorpora as questões subjetivas do artista, do observador, assim como modos coerentes do vivo e da máquina de forma integrativa.

Nesse sentido, é importante considerar a abertura dos sistemas maquinícios computacionais para a sensibilidade às informações externas, denominado por Gilbert Simondon como grau de indeterminação (SIMONDON, 2020). Esse sistema complexo e aberto tem suas raízes nas ideias de sistemas abertos da cibernetica e na teoria dos sistemas, embora haja uma diferença, ao destacar a colaboração, mais do que uma identidade essencial, entre o homem e a máquina. (FERRARATO, 2017)

Para além de uma interface humano-máquina e máquina-máquina, comum nos trabalhos de arte que usam tecnologias eletrônicas e computacionais, estamos nos referindo a sistemas técnicos que possuem uma sensibilidade aos estímulos do mundo fenomenológico, principalmente por meio da percepção de vestígios e fragmentos capturados e convertidos em sinais elétricos. Acreditamos que a evolução técnica dessa percepção tem permitido que a máquina interaja de maneira reticular, com a realidade em camadas cada vez mais sutis.

Nossa premissa é que essa sensibilidade não se limita apenas aos seus dispositivos de monitoramento do mundo externo, mas também à sua capacidade de afetar e ser afetada. Isto é, um epifenômeno emergente do contexto de sinergia dos conjuntos de atores que compõem esse sistema. Em um contínuo de devir, onde os elementos se constituem e se transformam a partir da relação, em um processo permanente de individuação (SIMONDON, 2020).

Sob essa ótica, a pesquisa considera o conceito de sensibilidade, a partir da

1 Em sua pesquisa, o artista Guto Nóbrega trabalha com três redes fundamentais na criação de obras no contexto contemporâneo de arte e tecnologia: redes orgânicas, telemáticas e sutis. O termo "sutil" diz respeito à dimensão invisível e intangível que permeia as interações entre organismos vivos e sistemas artificiais. Neste trabalho, o conceito de "sutil" é abordado em termos de resolução, especificamente na escala micro, caracterizando-se como a capacidade de penetrar em estratos cada vez mais refinados.

perspectiva deleuziana, não apenas como uma faculdade receptiva pela qual o sujeito é passivo ao ser afetado pelos fenômenos, mas também uma faculdade ativa (MATOS, 2022).

Supomos que, no contexto da produção artística, a sensibilidade maquinica das tecnologias eletrônicas e computacionais, ativada pela observação e participação do público, tem a capacidade de ampliar e refratar a ideia do artista. Ao analisarmos sistemas nos quais essa sensibilidade é expandida para tornar as máquinas responsivas às dinâmicas dos organismos vivos, acreditamos que há uma maior oportunidade para o artista atuar como uma força presente de inovação.

Nesse processo, o artista rejeita a função pré-determinada e de uso corrente do aparelho, possibilitando que a máquina receba informações externas, ampliando as margens de indeterminação do sistema maquinico, diferenciando-o do autômato (FERRARATO, 2017). A aplicação dessa margem de indeterminação sugere, portanto, que as máquinas possuam esquemas flexíveis, permitindo-lhes tornar-se "sensíveis" (HUI, 2018).

Por sua vez, essa ampliação impõe também limites ao artista, visto que nesse procedimento de construção, a equação não se limita à simples soma dos elementos do sistema, mas baseia-se na integração dos devires dos mesmos em um processo dinâmico e complexo. Assim, acreditamos que o artista deve atuar sobre as margens de indeterminação das máquinas, gerenciando as oportunidades poéticas neste processo de codificação das suas questões sensíveis. Como destaca a artista e pesquisadora Andreia Machado, nessa tensão produzida entre a "intenção de quem produz e o que lhe escapa", cabe ao artista a função de captar as forças que se desviam (OLIVEIRA, 2010).

É nessa dinâmica que acreditamos residir o potencial estético e poético das obras de arte e tecnologia que envolvem a interação entre máquinas e organismos.

Com o propósito de investigar a relação entre organismos biológicos e sistemas

computacionais, esta pesquisa busca reunir e analisar obras de arte que se envolvem com essa temática. Além disso, explora a estética resultante desses processos emergentes, por meio da experimentação poética de trabalhos que abordam essa interconexão.

No contexto da prática artística, a pesquisa busca explorar a construção de sistemas computacionais híbridos e propõe uma reflexão sobre as forças complexas que orientam a manufatura do artefato tecnológico no campo da arte. Para isso, adotamos uma abordagem transdisciplinar entre Arte Computacional, Ciência Biológica e Design, o que, de certa forma, acreditamos intensificar o papel da arte e do imaginário na especulação sobre as direções futuras das tecnologias e sua relação com o meio natural.

A partir desse viés transdisciplinar, a tese busca expandir a compreensão do papel da arte na reflexão e especulação sobre as tecnologias emergentes, especialmente aquelas que interagem com o meio natural e os organismos vivos. Dessa forma, propomos fomentar discussões críticas sobre a relação entre tecnologia e natureza, explorando como a arte pode contribuir para uma abordagem mais ética e consciente do desenvolvimento tecnológico.

A estrutura da tese é dividida em três seções. A primeira seção, intitulada **Entre organismos vivos e máquinas**, apresenta um breve histórico da relação entre arte, tecnologia e organismos vivos, em conexão com o pensamento científico e técnico. Inicia-se com a invenção dos autômatos e explora como a máquina passou a ser concebida como um sistema, à medida que as teorias cibernéticas se desenvolveram. Aborda como a complexidade dos organismos vivos, identificada por meio de instrumentos técnico-científicos, passou a ser representada por processos de simulação computacional. Posteriormente, sistemas automatizados tradicionais que operavam dentro de parâmetros fixos passaram a incorporar margens de incerteza e interação emergente, deixando de repetir ações programadas para poder reagir de forma variável a estímulos externos, culminando na abertura das máquinas para a percepção do mundo

externo.

Nesta seção também apresentamos a noção de reticularidade, a qual sugere um modelo de relação entre os elementos — máquinas, humanos e natureza — conectados de maneira distribuída em redes dinâmicas que vão além da hierarquia tradicional. Por fim, a seção apresenta o experimento poético desenvolvido no contexto da pesquisa, denominado **B1/0-tropismo**, que explora a interação entre sistemas técnicos e ecossistemas naturais como parte de uma rede complexa de interações poéticas e informacionais.

Na seção seguinte, intitulada **Acoplamentos entre máquina, homem e natureza**, são explorados os conceitos que permeiam essa relação triádica. Também são abordados os aspectos da interação no processo de produção da obra de arte, considerando suas características informacionais, com base no pensamento de Gilbert Simondon, em especial o conceito de margens de indeterminação e a capacidade dos sistemas técnicos de operar além de um conjunto fixo de regras, interagindo com informações externas de maneira flexível e adaptativa.

O artista aqui é apresentado como um mediador que trabalha dentro dessas margens de indeterminação, ampliando ou restringindo a capacidade do sistema de responder ao meio, atuando ativamente na construção de objetos técnicos que não apenas executam comandos, mas que também participam de um jogo dinâmico de interações sensíveis e afetivas. Nesta seção são apresentados trabalhos como Quantum Foam, de Frederik De Wilde, que utilizam fontes de entropia quântica para criar esculturas, evidenciando como o monitoramento do mundo pode ser incorporado à prática artística para revelar camadas intangíveis do mundo fenomenológico.

Além disso, discute-se a concepção teórica e o processo de produção do objeto interativo **Mus_go**, um sistema híbrido que integra organismos vivos e sistemas maquinicos. A investigação explora como esses sistemas podem permitir a indeterminação ao combinar sensores e organismos vivos, respondendo de

forma singular a cada nova condição ambiental.

Por fim, a última seção, **O artista cultivador: Métodos e agenciamentos**, discute a criação de dispositivos na prática artística e nossa relação com os seres não-humanos, a partir do contexto dos trabalhos contemporâneos de arte e tecnologia. Apresenta uma discussão teórica mais aprofundada sobre o maquinário_b10sensível, a partir da noção do sensível, entendida não apenas como um atributo humano, mas como algo que emerge da interação entre organismos vivos, máquinas e ambiente. Nesse contexto, revela como a arte computacional evidencia a ideia de sensibilidade para além do sujeito humano, ao permitir que dispositivos técnicos participem de um jogo sensível. Jogo resultante da interação dinâmica entre diferentes agentes que compõem o sistema artístico, indo além da percepção mecânica da máquina, como a captação de dados por sensores.

Aborda também o conceito de meio associado, entendido como um espaço dinâmico onde as interações entre diferentes agentes ocorrem e se modificam continuamente. A seção concentra-se na reflexão sobre os processos de produção artística, questionando a visão tradicional da tecnologia como mero instrumento de eficiência e produtividade. Além disso, por meio da apresentação de trabalhos como Plantas Nômades de Gilberto Esparza, enfatiza o potencial das tecnologias para criar experiências estéticas, simbólicas e relacionais, por meio da propagação de afetos, sugerindo que as interações entre máquina, organismo e espectador geram respostas sensíveis que ultrapassam o domínio do artista

Ao final, apresenta o experimento artístico **Impressões Bio-digitais**, um objeto cuja interatividade é fundamentada na relação com o meio, sugerindo um tipo de paisagem, no campo digital, que não se limita à imitação do natural, mas emerge da interação entre tecnologia e meio ambiente. No qual evidencia que sistemas computacionais, ao interagirem com ecossistemas vivos, são capazes de estabelecer conexões que vão além da simples representação da natureza.

SEÇÃO 1 | ENTRE ORGANISMOS VIVOS E MÁQUINAS



No decorrer da história da arte, fomos brindados com o surgimento de novas tecnologias, que auxiliam artistas nas suas expressões poéticas, conceituais e formais. Por muito tempo, artistas buscaram através das novas tecnologias representar de forma fidedigna o mundo observado, durante este processo os desenvolvimentos de tecnologias de expressão e comunicação foram essenciais, como a evolução das tintas, dos instrumentos, tais como pincéis, formões e o advento de aparelhos ópticos, como a câmera escura, por exemplo.

Essa vontade de representar o mundo através de artefatos cada vez mais próximos dos elementos ditos naturais, induziu artistas, ainda no renascimento, a desenvolverem marionetes com aspectos verossímeis a sistemas vivos, que pretendiam simular o movimento de animais e humanos, através de processos mecânicos e pneumáticos. Estas máquinas com aparências antropomórficas e zoomórficas eram chamadas de autômatos e obedeciam às instruções programadas pelos seus criadores, artistas que, por vezes ocupavam-se também das profissões de engenheiro, carpinteiro ou relojoeiro. (REIS, 2020)

Animar estes objetos, de certa forma era também um desejo em dotá-los de vida, ainda que estes seguissem automaticamente um procedimento maquinal em resposta a rotinas pré-determinadas. Com base no desenvolvimento dos autômatos, houve várias tentativas, por parte dos seus criadores, de explicar através dos processos mecânicos dessas máquinas, o funcionamento dos seres vivos, a essa altura, os princípios físico-químicos básicos da vida ainda eram desconhecidos.

Diversos autômatos foram fabricados no século XVI, em grande parte pelos ourives nas Cidades Imperiais Livres da Europa Central. Essas máquinas tinham por função enfeitar grandes sistemas de relógios e com o tempo acabaram alocados em gabinetes de curiosidades, em virtude das suas individualidades de caráter excêntrico. (MARR, 2004)

Nos séculos seguintes, tivemos uma notável expansão e difusão das tecnologias

1.1 AS MÁQUINAS E A CIBERNÉTICA

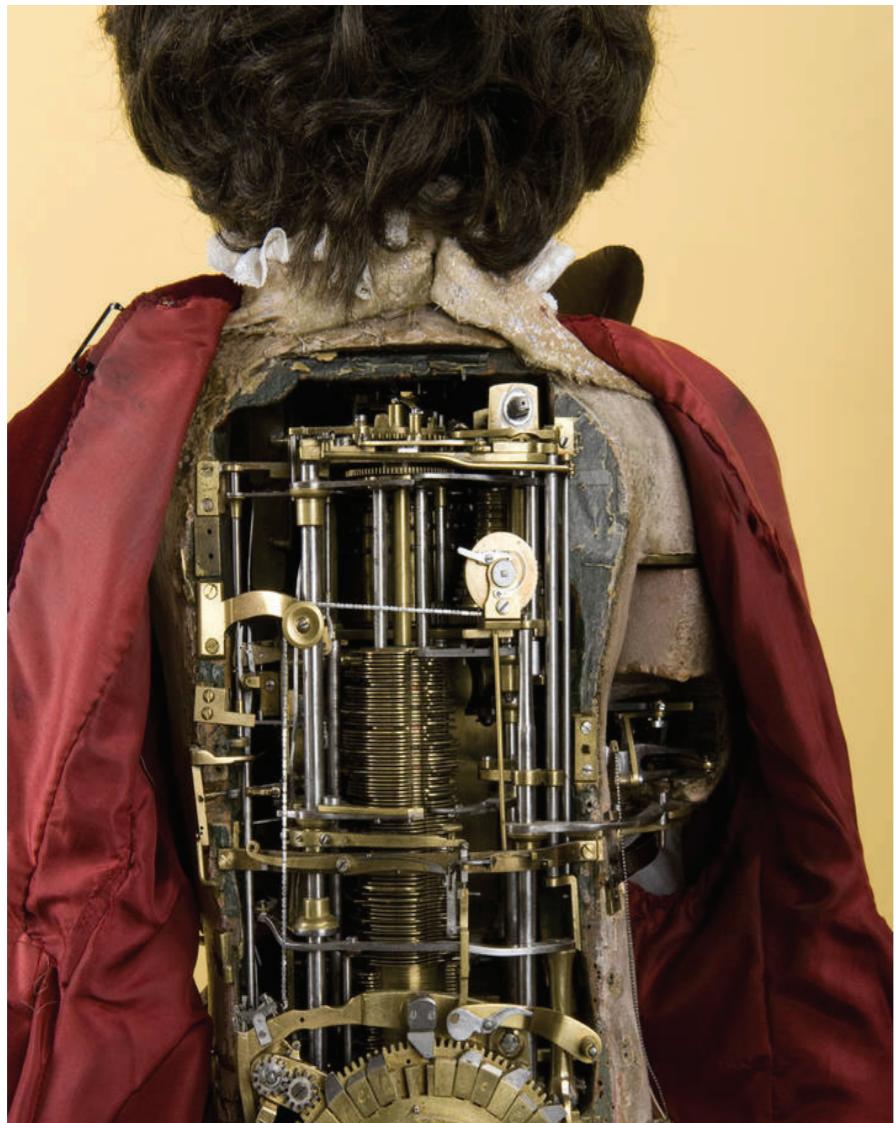


FIGURA 1

Sistema mecânico de autômato projetado por Jaquet-Droz durante o século XVIII²

elétricas e mecânicas, além de uma evolução na compreensão dos mecanismos de controle, futuramente impulsionados pelas pesquisas em cibernetica na segunda metade do século XX. Descolando o interesse dos artistas, interessados no automatismo mecânico, da produção mecânica baseada em engrenagens para o desenvolvimento de sistemas de controle e comunicação mais complexos..

Ainda no início do século XX, alguns artistas - especialmente escultores - começaram a explorar o dinamismo espaço-temporal em suas obras de arte. Rompendo com os conceitos convencionais da escultura, que priorizavam a linha, o volume e a massa, esses artistas exploraram as noções de simultaneidade, energia e mobilidade, derivadas da física. Esse movimento ficou evidente nos trabalhos de Naum Gabo e Antoine Pevsner em 1920, que defenderam o manifesto construtivista. Ao lado das novas formas espaço-temporais, surgia a ideia do trabalho artístico enquanto sistema, que se fortaleceu nos anos seguintes com nomes como László Moholy-Nagy, ampliando as relações entre arte e ciência.

Anos mais tarde, a cibernetica, acompanhada da invenção de conceitos baseados em conhecimentos codificados, principalmente no campo da teoria da comunicação, incentivaram modelos e esquemas teóricos de funcionamento do mundo. Paralelamente, o conceito de informação tornou-se fundamental para a compreensão dos processos estéticos e para a estruturação de novas abordagens artísticas, que foram influenciadas principalmente pelas teorias de Norbert Wiener. (GIANNETTI, 2022)

Nesse sentido, os estudos em cibernetica, mecânica e óptica, foram importantes campos de aproximação dos conhecimentos científicos aplicados com os pensamentos poéticos propostos por artistas, em especial os interessados em sistemas de controle, regulação e comunicação. Nesse contexto, começaram a emergir projetos artísticos que reuniam aspectos da cibernetica, como nos trabalhos de Nicolas Schöffer, Nam June Paik e o brasileiro Abraham Palatnik.

Roy Ascott, importante teórico no campo das artes e artista britânico, ainda na década de 60, influenciado por uma perspectiva cibernetista, nos informava

² Neuchâtel Art and History Museum. Disponível em: <https://www.mahn.ch/en/expositions/automates-jaquet-droz>. Acesso em: 20 fev. 2024.

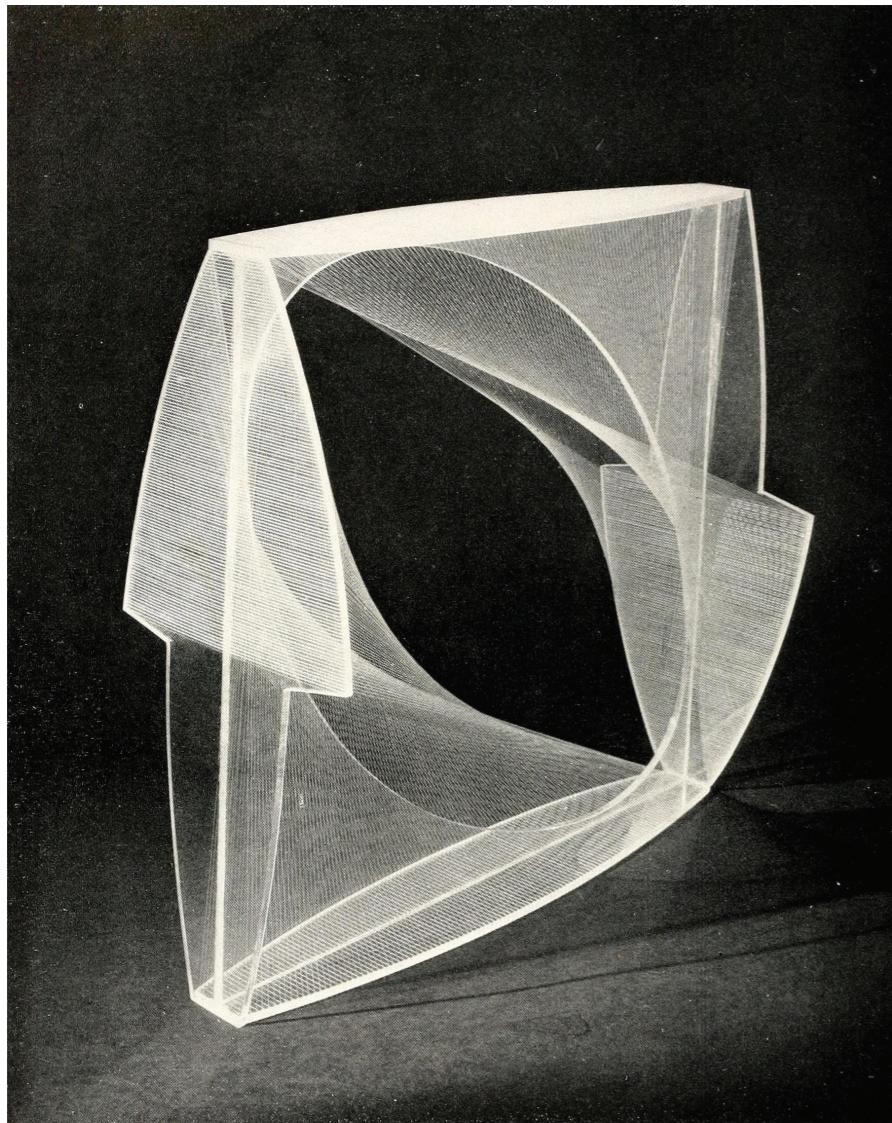


FIGURA 2

Registro do trabalho
Construction in Space
Nº1 de Naum Gabo³

em seu importante texto “Behaviourist Art and the Cybernetic Vision” (2003) que era preciso considerar o trabalho de arte segundo características homeostáticas, que se auto-regulam por princípios de “feedback” em um determinado sistema adaptativo criado pelo artista e pelas respostas interativas do espectador, o que de certa forma, aproxima o objeto de arte de um organismo vivo.

Na perspectiva da história da arte, um importante momento que demonstrou as possibilidades de diálogo entre artistas, cientistas e engenheiros que compartilhavam a influência cibernetica, se dá na exposição Cybernetic Serendipity (1968), a qual contou com a curadoria da escritora e crítica de arte Jasia Reichardt.

A exposição tinha como objetivo apresentar, por meio de trabalhos artísticos, o envolvimento de artistas com a ciência e cientistas com as artes. Os trabalhos abordavam sistemas aleatórios, propostas computacionais, fabricação e uso de dispositivos poéticos como material artístico. Uma estratégia interessante escolhida pela curadoria foi que na apresentação dos trabalhos não era destacada a formação e atuação dos criadores. Não havia distinção entre os cientistas e os artistas, entendendo que essas informações pudessem levar o público a ver os trabalhos de maneira diferente, com base nos antecedentes de seus criadores. (REICHARDT, 1968)

No texto de apresentação da exposição, Jasia destaca as novas possibilidades que a cibernetica e o surgimento dos computadores proporcionaram no campo da arte, ampliando o leque de expressão dos agentes criativos. Segundo o texto de apresentação, as produções visuais exibidas eram constituídas por máquinas e computadores sem nenhuma aplicação prática na ciência ou na indústria. Segundo Reichardt (1988), os únicos motivos reais para essas criações eram a “vontade de explorar e o puro prazer de ver um desenho materializar-se”.

A exposição foi exibida pela primeira vez no Instituto de Artes Contemporâneas de Londres na Inglaterra e reunia diversos trabalhos que atuavam como uma ponte entre a arte e a tecnociência, em especial, a cibernetica e os sistemas

3 The charnel House. Disponível em : <https://thecharnelhouse.org/2015/02/22/naum-gabo-and-antoine-pevsner/naum-gabo-linear-construction-variation-1942-1943-plastic-18-square1/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

de comunicação eletromecânicos. Um trabalho com destaque na mostra, foi a escultura do artista chinês Wen Ying Tsai, *Cybernetic Sculpture System No. 1*.

O trabalho era composto por uma série de hastes de aço inoxidável, com tamanho irregular e uma aparência que lembrava uma pequena plantação. Essas hastes poderiam vibrar a partir de uma base plana. Além da vibração, o dispositivo também emitia um flash de luz estroboscópica de alta frequência, fazendo com que a relação entre a vibração e o efeito ótico provocado pelo flash, criasse uma ilusão de ondulação nas hastes, se fundindo no espaço umas das outras, criando uma realidade visual a partir de uma impossibilidade física. A frequência dos flashes estroboscópicos eram controladas a partir de um dispositivo simples de feedback, algumas das hastes possuíam uma ponta de metal capaz de captar a eletricidade estática quando alguém se aproximava. Em resposta ao público, o objeto variava sua vibração e a frequência dos flashes, tornando o observador capaz de modificar o ritmo e o ambiente da composição artística.

Segundo o pesquisador e escritor Jonathan Benthall (1969), o trabalho se assemelha a um canteiro de plantas em crescimento, permeado por um elemento natural, cujo aspecto o público pode alterar. Benthall, vê a teoria da cibernetica como um dos fatores importantes para desenvolver no pensamento ocidental, a qual desenvolveu analogias profundas entre sistemas mecânicos e orgânicos. Efetivamente, a partir dos anos 60, os estudos em cibernetica exerceram uma forte influência sobre o pensamento e a produção artística, em especial nas obras que faziam o uso de tecnologias elétricas e mecânicas. Esse período coincide com o desenvolvimento de máquinas mais avançadas, que possuíam características que, durante séculos, haviam sido consideradas opostas ao comportamento mecânico, como a sensibilidade às variações do ambiente.

De acordo com Benthall, a escultura de Tsai não apenas apresenta semelhanças visuais com plantas aquáticas, mas também compartilha conceitualmente suas características. Assim como as plantas aquáticas, essa escultura é um sistema auto-organizado, que mantém uma estabilidade ou equilíbrio fundamental para



FIGURA 3

Registro da escultura *Cybernetic Sculpture System No. 1*.⁴

4 The charnel House. Disponível em : <https://thecharnelhouse.org/2015/02/22/naum-gabo-and-antoine-pevsner/naum-gabo-linear-construction-variation-1942-1943-plastic-18-square1/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

sua sobrevivência, orientada pelo controle de certas variáveis do ambiente. É claro que máquinas desse tipo são incontavelmente menos sofisticadas que o organismo vivo mais simples, o qual, mesmo quando comparado às mais avançadas máquinas desenvolvidas pela humanidade, pode realizar transformações de recursos energéticos de forma mais complexa.

Por outro lado, Jack Burnham, teórico e escritor americano, em seu texto *Systems Esthetics* (1968), aponta para o enquadramento das questões relacionadas a vida no objeto de arte, em um contexto relacional estável entre sistemas orgânicos e não orgânicos, entendendo que os aspectos de arte de um objeto não reside na agência de entidades materiais, mas está nas relações entre as coisas e seu meio.

Ainda segundo Burnham, a arte moderna sinalizou um significativo deslocamento do foco na criação de artefatos, para voltar sua atenção aos fenômenos da criação na esfera das trocas de informação e matéria-energia. A partir dos incentivos técnicos e teóricos vindos da cibernetica e da evolução dos sistemas elétricos, criou-se por parte dos artistas, um impulso criativo motivado pela busca em produzir obras com aspectos que remetesse ao organismo vivo.

Burnham, em seu livro, *Beyond Modern Sculpture: The Effects of Science and Technology on the Sculpture of this Century* (1968), propõe-nos um trajeto da escultura ocidental na busca em se relacionar com a vida e o vivo, partido das esculturas gregas, autômatos, arte cinética até a arte robótica e ciborgue. Burnham, prospectou um futuro, onde haveria a possibilidade de criar-se obras cada vez mais próximas aos organismos vivos, as quais seriam sustentadas pelos avanços tecnocientíficos.

Mais tarde, Rosalind Krauss (1981) em seu livro "Passages in Modern Sculpture" denunciou o pensamento de Burnham como uma análise de um mundo unicamente tecnológico e sistemático, desconsiderando as outras particularidades da experiência do ser vivente. Ainda assim, as projeções do autor sobre a possibilidade de emergir esculturas que se aproximem das

características encontradas no organismo vivo, se faz presente em uma série de trabalhos artísticos, os quais em sua maioria usam sistemas computacionais complexos que remetem a processos orgânicos e propõem novas formas de relação entre a obra de arte, o autor e os observadores. No entanto, um aspecto que Burnham não imaginaria, é a velocidade em que as tecnologias de Inteligência Computacional, Computação Evolucionária e Computação Cognitiva iriam se desenvolver e ocupar de forma cada vez mais oblíqua o nosso cotidiano.

Portanto, considerando essa trajetória histórica das artes que utilizam como base as mídias tecnológicas, é notável que nesses trabalhos, o ato criativo tenha se deslocado de uma preocupação com a materialização de artefatos para uma ênfase na articulação de energia e informação nos sistemas. Desse modo, nos parece razoável que o desenvolvimento tecnocientífico tem desempenhado um papel importante no surgimento de obras que abordam questões do organismo vivo, especialmente aquelas que utilizam processos eletrônicos e computacionais em diálogo com as ciências da vida. Nesse sentido, os artistas têm proposto, por meio de mimeses dos processos do mundo concreto, uma liberação da máquina de seus processos automatizados e binários, mesmo que de forma pouco explícita. Utilizando modelos orgânicos para criar representações complexas, compostas por múltiplas camadas de significado. De maneira metafórica, alguns artistas têm utilizado esses modelos como uma forma de metalinguagem, abordando de maneira crítica e poética questões sobre o orgânico e o vivo. (TENHAAF, 1998)

Em contrapartida, a aproximação da ciência da computação com a ciência da vida se dá inicialmente mediante as interpretações e investigações a respeito dos fenômenos emergentes da realidade factível, o funcionamento dos organismos vivos, das colônias de seres, do desenvolvimento de cidades, etc. Com a evolução das tecnologias computacionais, efetivou-se a possibilidade de reproduzirmos e simularmos eventualidades, ditas naturais. (REIS, 2020)

Os avanços nas tecnologias computacionais, em especial a Inteligência Computacional, Computação Evolucionária e a Computação Cognitiva, tem sido uma inspiração para vários trabalhos artísticos na contemporaneidade, principalmente os relacionados às novas tecnologias. Por outro lado, motivada pelo mercado criativo, artístico e cinematográfico, a computação, desde os anos 1980, tem se ocupado também em simular computacionalmente comportamentos percebidos em organismos naturais de forma gráfica. Como indicam as pesquisas dos cientistas Craig Reynolds (1986), Ken Perlin (1982) e Christa Sommerer e Laurent Mignonneau (1993). (REIS, 2019)

Ken Perlin, professor e pesquisador na área de computação gráfica, desenvolveu um algoritmo gerador de ruídos, criado originalmente para o filme Tron (1982). O intuito do algoritmo computacional era de gerar texturas procedurais, as quais visualmente deveriam possuir um caráter orgânico. O ruído projetado por Perlin evoca qualidades naturais de textura, sendo até hoje largamente utilizado em computação gráfica na indústria dos jogos digitais e cinema, a fim de simular aparências de nuvens, paisagens, além de superfícies padronizadas, como o mármore (SHIFFMAN , 2012). Este trabalho rendeu a Perlin vários prêmios além do reconhecimento da comunidade computacional e cinematográfica, o filme Tron chegou a ser indicado para o BAFTA Film Award na categoria de Melhores Efeitos Visuais Especiais e por meio do trabalho de Perlin na empresa MAGI , o longa recebeu o título de primeiro filme com o uso de animação gerada por computador, pelo Guinness World Record. Perlin, foi também premiado com o Academy Award for Technical Achievement pela Academy of Motion Picture Arts and Sciences devido ao desenvolvimento do algoritmo Perlin Noise, amplamente usado nos efeitos especiais cinematográficos .

1.2 ORGANISMOS VIVOS E OS MODELOS COMPUTACIONAIS

Um outro pesquisador que trabalhou na execução dos efeitos especiais do filme Tron, foi o engenheiro computacional Craig Reynolds. Reynolds em 1986, também contribuiu com as pesquisas que deu origem a um modelo computacional de movimento coordenado, baseado em comportamento de alguns animais, como o trajeto de bandos de pássaros e cardumes. O algoritmo é baseado na

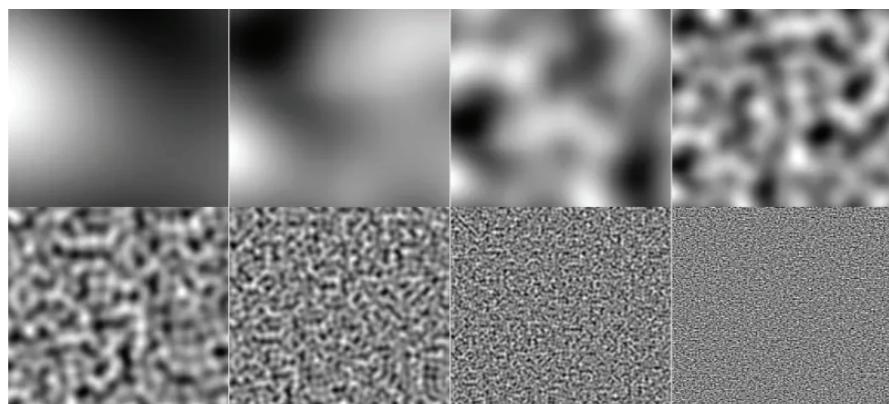


FIGURA 4

Exemplos de aplicação do algoritmo Perlin Noise⁵

geometria computacional tridimensional, que já havia sido implementada em um nível mais simples dentro de animações e desenhos assistidos por computador. O algoritmo de simulação de movimentos de rebanho foi batizado por Reynolds de Boids. O trabalho de Craig tornou-se um exemplo didático de emergência na computação, visto que fornecia uma simulação de comportamento global

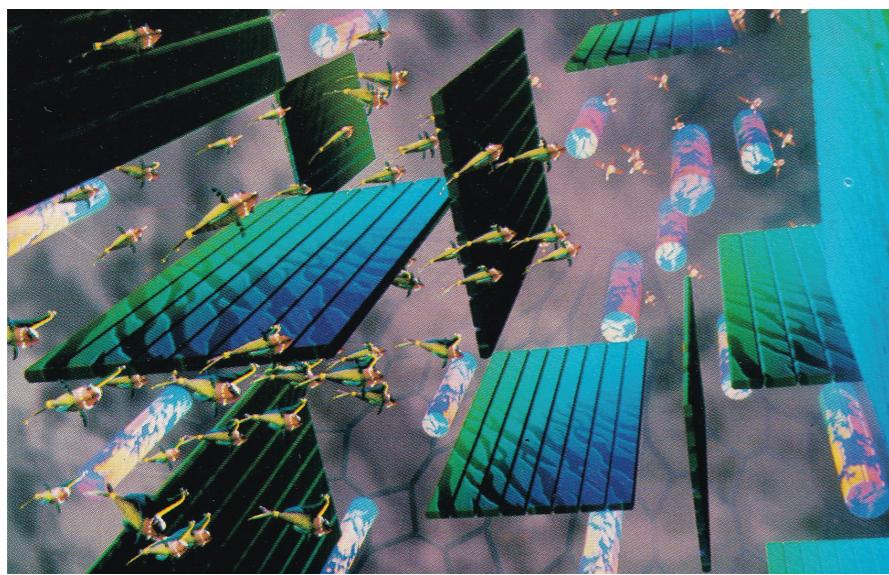


FIGURA 5

Still da animação *Stanley & Stella in Breaking the Ice* (1987)⁶

complexo de multi agentes, a partir de interações mediadas por regras locais simples (REYNOLDS, 2001). Como experimento para demonstrar as capacidades e aplicações do algoritmo, Reynolds em conjunto com a equipe da Divisão de Gráficos da Symbolics, fabricante americana de computadores e da Whitney/ Demos Productions, produtora cinematográfica de animação, produziu o curta-metragem de animação "Stanley & Stella in Breaking the Ice" (1987), estreado no Electronic Theatre do SIGGRAPH na edição de 1987.

No entanto, para além da computação gráfica, sabemos que a vontade de se produzir algoritmos capazes de reproduzir a emergência de sistemas complexos é datada antes da invenção do computador como conhecemos. Historicamente é atribuído ao matemático Von Neumann os primeiros estudos dedicados a desenvolver uma sequência lógica de passos, ou seja um algoritmo, no qual elementos discretos com interações locais seriam capazes de reproduzir um comportamento complexo, análogo aos organismos vivos.

Sem poder contar com a ajuda de computadores, visto que o ENIAC⁸ seria desenvolvido somente alguns anos mais tarde, Neumann desenvolveu um modelo matemático de autômato reprodutor, no qual simula alterações de estado de indivíduos unicelulares baseados em regras simples e locais de acordo com a sua vizinhança. O conceito de autômato celular, fundamentado pelas pesquisas de Neumann sobre os algoritmos de autômatos reprodutores, deu base para o matemático John Conway (1970) desenvolver o clássico modelo de autômato celular denominado de "Jogo da Vida" (Game of Life). Este algoritmo dispunha como resultado uma simulação na qual indivíduos celulares a partir de regras locais simples, baseado no estado de sua vizinhança, vivo ou morto, teria a capacidade de representar visualmente sistemas imprevisíveis e complexos, onde pequenas alterações nas condições iniciais do sistema poderiam dar origem a comportamentos bastante divergentes.

5 Site Medium. Disponível em: <https://medium.com/100-days-of-algorithms/day-88-perlin-noise-96d23158a44c>. Acesso em: 20 fev. 2025.

6 ACM SIGGRAPH. Disponível em: <https://history.siggraph.org/animation-video-pod/stanley-and-stella-breaking-the-ice-by-malone-wahrman-reynolds-and-bergeron/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

8 ENIAC. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/ENIAC>. Acesso em: 20 fev. 2025.

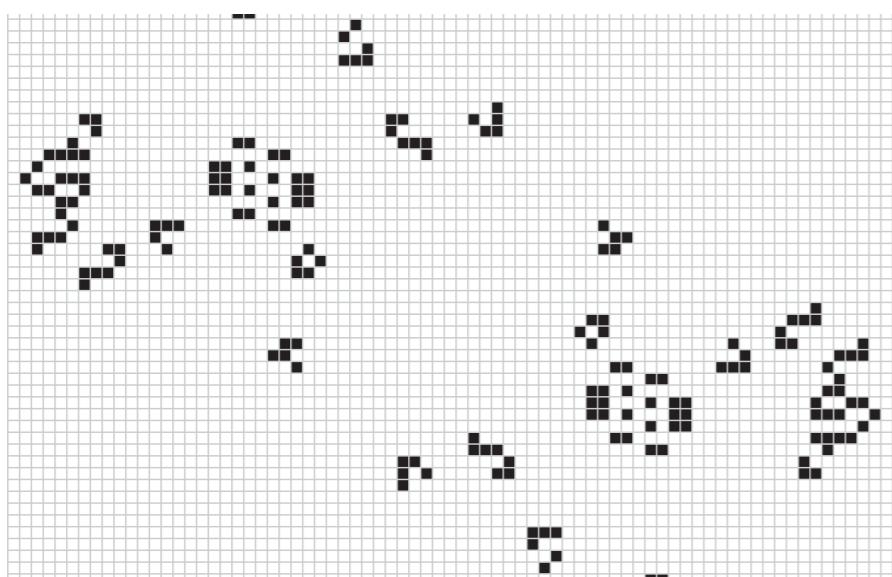


FIGURA 6

Exemplo de padrões gerados a partir do Jogo da Vida de Conway⁹

De certo modo, esses algoritmos foram significativos no desenvolvimento da biologia evolutiva, das simulações de reações químicas, dos sistemas dinâmicos da física, além do entendimento sobre comportamento complexo, como crescimento de cidades e dinâmica de populações¹⁰. Modelos matemáticos evolutivos também deram base para pesquisas desenvolvidas pelo cientista John Henry Holland(1975),sobre algoritmos evolutivos e algoritmos genéticos, sistemas que usam técnicas inspiradas pela biologia evolutiva como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação.

O pensamento de Neumann, somados ao modelo de algoritmo genético fundamentado por Holland (1975), serviram de alicerce para as simulações matemáticas-informáticas de vida, aplicados por Christopher Langton em seus modelos computacionais de vidas artificiais, ou seja, métodos computacionais que simulam a vida biológica em termos de organização, comportamento e evolução. (LANGTON, 1989)

Na ciência da computação e na matemática, existem diversas técnicas por trás dos algoritmos que permitem a emergência de padrões, formas e estruturas complexas. São inúmeros os algoritmos e modelos que buscam fornecer às máquinas comportamentos emergentes, análogos aos organismos vivos. A área da ciência da computação que se ocupa dessa problemática é denominada de Computação Evolucionária, fundamentada em modelos e técnicas inspirados em princípios evolutivos da natureza, tais como seleção natural, hereditariedade e variação genética, suas aplicações se concentram na resolução de problemas complexos e dinâmicos em diversas áreas do conhecimento, como engenharia, economia, biologia, design, além das artes.

À vista das possibilidades ofertadas pelo progresso no campo da Computação Evolucionária em especial os algoritmos evolutivos e modelos de vida artificial,

9 Site Conway Life. Disponível em : <https://conwaylife.com/wiki/204P41>. Acesso em: 20 fev. 2025.

10 CASTRO, M. L. A.; CASTRO, R. de O. Autômatos celulares: implementações de von Neumann, Conway e Wolfram. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, Vol. III, Nº. 3, p. 89-106, 2008. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/lepsi/imgs/conteudo_thumb/Aut-matos-Celulares-Implementa--es-de-Von-Neumann--Conway-e-Wolfram.pdf. Acesso em: 20 fev. 2025.



FIGURA 7

A-Volve de Sommerer/
Mignonneau (1993)¹¹

artistas como Christa Sommerer e Laurent Mignonneau, começam a se interessar pelo uso destas técnicas computacionais aplicadas à arte, na busca de proporcionar uma emergência de comportamentos complexos a partir dos seus trabalhos de arte. Em 1993 a dupla de artistas exibiu na Ars Electronica uma instalação interativa denominada de A-volve. Nesta instalação, vidas artificiais baseadas em princípios de evolução e manipulação genética interagiam com os visitantes. Criaturas virtuais projetadas em uma piscina de vidro, repleta de água, são concebidas a partir de regras evolutivas influenciadas pela criação e decisão humana.

Por meio de uma tela sensível ao toque, visitantes criam formas e traçam perfis para uma criatura virtual tridimensional, em seguida esta criatura ganha “vida” ao “nadar” na piscina de vidro. Os movimentos e comportamentos desta criatura são determinados a partir do desenho que o visitante concebeu na tela. De acordo com os autores, o comportamento da criatura no espaço é, por assim dizer, uma expressão de sua morfogênese, que por sua vez, pode ser alterada como resultado da expressão de adaptação do animal virtual ao seu meio ambiente. (SOMMERER e MIGNONNEAU, 1993)

Depois de “vivas” as criaturas virtuais interagem com os visitantes; por meio do toque na água, os visitantes podem empenhar-se em pegar a criatura ou espantá-la. Uma vez que acontece a interação, o visitante é capaz de influenciar a evolução da população virtual, protegendo presas contra predadores, por exemplo. De acordo com os artistas, se duas criaturas fortes se encontram, elas podem se reproduzir, dando origem a uma nova criatura que compartilhará o código genético dos seus genitores. A abstração computacional da mutação e do crossover, conceitos propostos pela biologia, fornece um mecanismo de reprodução que se assemelha aos organismos biológicos, o qual segue regras genéticas. Essas criaturas recém-criadas reagem e “vivem” em uma tela sob a piscina de vidro, interagindo com os visitantes e com seus pares. A água nesse trabalho atua como uma metáfora simbólica ao nascimento, além de criar uma ponte entre o natural e o simulado.

11 Site Medien Kunst Netz. Disponível em : <http://www.medienkunstnetz.de/works/a-volve/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

O trabalho de Sommerer e Mignonneau especula como o surgimento desse comportamento emergente, pode propor reflexões acerca de como esses seres aparentemente “vivos”, podem conviver com outras manifestações de vidas. Ao aproximar o ambiente material, representado pela água do espaço virtual onde habitam as criaturas, em “A-Volve” a dupla de artistas proporciona um estreitamento das fronteiras entre a “realidade material” e o “virtual computacional”.

Segundo a artista e pesquisadora Nell Tenhaaf, é justamente nesse período, de criação de A-Volve e outros experimentos em vida artificial na arte, que começa a esboçar-se com maior definição a ideia de que algoritmos evolutivos poderiam auxiliar os artistas a conceder a possibilidade de articular o pensamento poético em vários níveis de representação computacional da vida e suas articulações com a natureza, a partir de modelos e metáforas (TENHAAF, 1998). Seja de forma latente, e às vezes até de modo explícito, esses algoritmos podem nos oferecer um meio de propor simulações complexas compostas de múltiplas camadas de significação, mantendo ainda uma subjetividade expressa pelo artista.

A aplicação do pensamento computacional no contexto da arte, em especial dos algoritmos dinâmicos e evolutivos, por meio de analogias e abstrações dos sistemas emergentes, complexos e auto-regulados, de certa forma, evidencia as lógicas difusas, o caos e o equilíbrio dinâmico encontrado nos organismos vivos. Podemos dizer que essa espécie de oscilação irregular e assimétrica, proporcionada pelos sistemas cibernéticos e ampliados nos sistemas computacionais, nos dá uma breve amostra da complexidade da vida orgânica encontrada nos trabalhos tecnológicos de arte. (REIS, 2020)

Sobretudo, de acordo com Benthall (1969), é crucial considerar que, nesse tipo de obra de arte, estabelece-se uma relação de dependência mútua ou simbiose entre o artefato e o observador. A ausência de público e o desligamento dos sistemas maquinícios privam esses objetos de demonstrar suas características de oscilação irregular e assimétrica, que lhes conferem alguma semelhança com

organismos vivos.

Essa relação entre observador e artefato é, obviamente, verdadeira para toda a arte, mas os objetos artísticos cibernéticos e computacionais, os quais incorporam respostas ao comportamento do público ou lógicas evolutivas de acordo com o ambiente, introduz-se um fator adicional de participação, aumenta a dependência do trabalho de arte em relação a atualização ou recriação constante do ambiente.

Sendo assim, podemos compreender estes trabalhos de arte não apenas como objetos tangíveis, mas sim como uma simbiose biológica, ou seja, uma relação estreita entre organismos diferentes, na qual há uma dependência mútua entre as partes: o trabalho de arte e o observador. Ao considerar o comportamento dos espectadores, somado à mimese de modelos dos comportamentos orgânicos, adiciona-se uma força que perturba a estabilidade maquinica do artefato, conferindo aspectos próximos aos organismos vivos, os quais nestes casos, potencializa a intenção poética do artista.

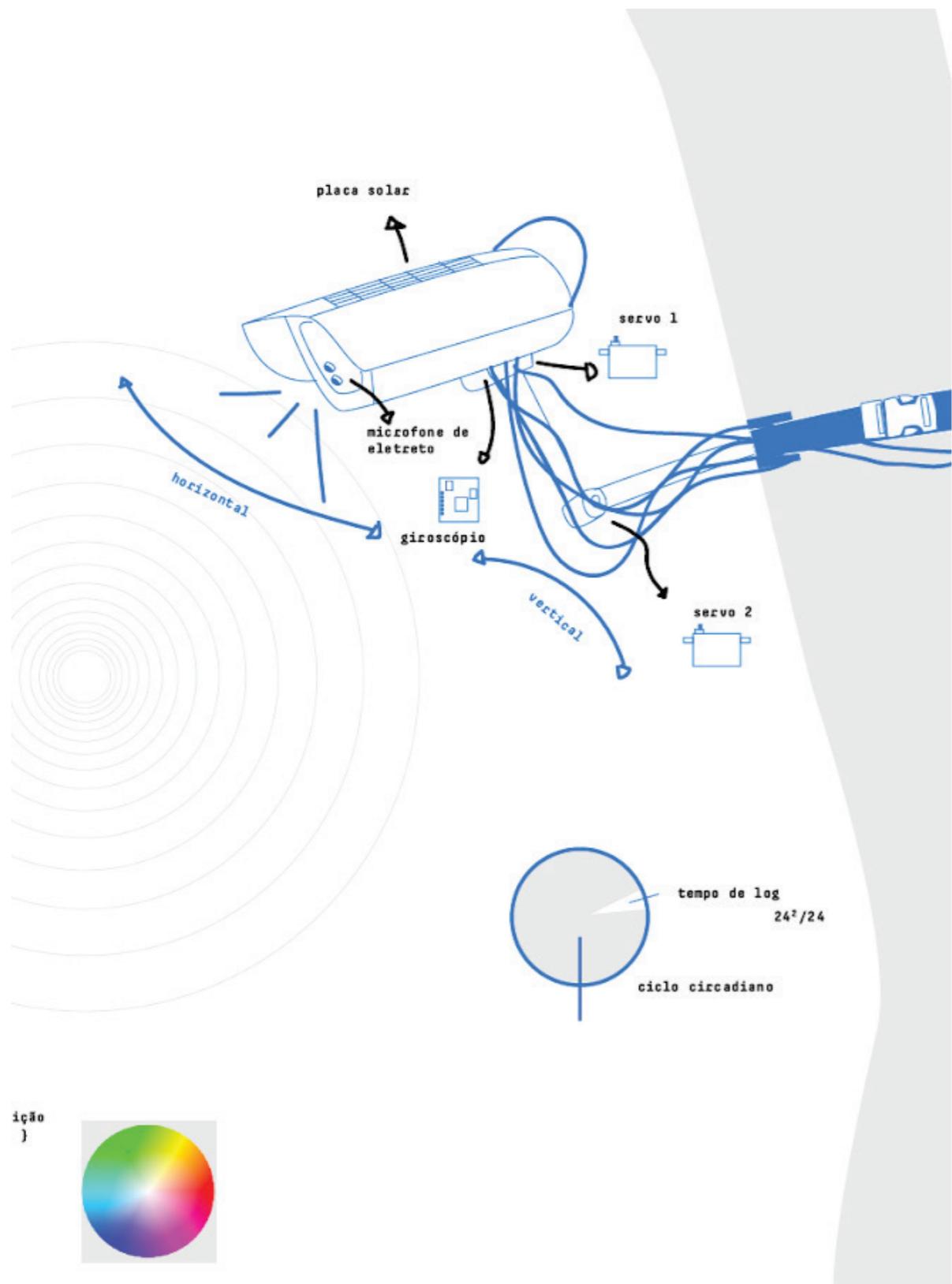
Ao destacar a importância de uma abordagem educacional transdisciplinar capaz de unir campos como a arte e ciência, por exemplo, Benthall identifica, em trabalhos como o de Wen Ying Tsai, aspectos revolucionários, uma vez que se baseia na teoria da cibernetica para aproximar a máquina dos organismos, sugerindo analogias precisas e profundas entre comportamento mecânico e orgânico. Esse pensamento cibernetista reconhece semelhanças entre sistemas e organismos, ainda que em níveis diferentes de correspondência, abandonando a equivalência somente biunívoca. O que de certa forma contribui para desestabilizar a ideia ocidental da dicotomia entre natureza e artefato, bem como poética e ciência. (BENTHALL, 1969)

Após examinar brevemente a intersecção entre as áreas da tecnologia eletrônica, computacional e da arte, torna-se evidente que alguns artistas têm buscado em suas abordagens de criação ir além do automatismo da máquina, iniciado pelo surgimento dos autômatos, e explorar possibilidades de contornar

a programabilidade desses aparelhos por meio da mimese de comportamentos complexos encontrados nos fenômenos do mundo concreto. Nestes trabalhos artísticos, a estratégia encontrada é a incorporação de elementos que possibilitam a interação humana e a simulação de processos presentes em organismos vivos, que são reproduzidos internamente na máquina e isolados do ambiente externo, salvo interfaces de controle humano-máquina. Como por exemplo, em A-Volve de Sommerer e Mignonneau, onde há uma abertura para interação com o sistema computacional, mas ainda não há capacidade da máquina de perceber e atuar no mundo fenomenológico.

Essas abordagens levantam questionamentos, como: No contexto do trabalho artístico, quais são as relações que emergem da abertura das máquinas para a percepção do ambiente externo a elas? Como o artista pode se relacionar com a máquina além de seu papel instrumental, e compor junto com ela, considerando-a como um agente no processo de criação, e não apenas uma ferramenta? De que maneira essas questões influenciam na interação entre o artista, o trabalho de arte e o público, criando novas possibilidades de relação em um modelo mais complexo de informação? Essas são dúvidas relevantes que buscaremos explorar na próxima seção.

1.3 B1/O-TROPISMO : ENTRE A REDE TÉCNICA E A NATUREZA



Os objetos técnicos, em especial aqueles relacionados à computação, têm se tornado cada vez mais “abertos” aos fenômenos do mundo concreto. Isso graças aos avanços na miniaturização eletrônica e descobertas de novos materiais. Embora possam parecer dissociados do ambiente externo, esses elementos são impactados pela realidade fenomenológica em camadas cada vez mais sutis, em um sentido de resolução, penetrando estratos mais profundos e delicados. Aspectos relacionais entre sistemas computacionais, cada vez mais ubíquos e sofisticados, permitem que essas máquinas acessem uma parcela ainda maior da realidade através de redes.

As redes que outrora interligavam apenas computadores evoluíram a cada geração, devido à ampliação de seu alcance, mediante lançamentos de novos satélites, de novas rotas de cabos submarinos constituídos por fibra óptica e do avanço das conexões sem fio, nos encontramos em uma período no qual as redes de conectividade são capazes de conectar quase qualquer substância e superfície. (FELICE, 2018, p. 06-12)

Essa ampliação de conexão, agora não só limita-se aos artefatos fabricados pelo homem, mas a todos os actantes da biosfera, desde animais, microorganismos e os vários agentes que habitam a superfície terrestre. Essa rede emergente conecta objetos uns aos outros em uma estrutura reticular e plural por meio de protocolos computacionais. Sua topologia vai além de uma simples estrutura de conexões entre elementos, qualificando-se como um sistema dinâmico e constitutivo de interações. Mais do que estruturas de comunicação, constituem-se como ambientes vivos em constante transformação, nos quais as relações entre os participantes operam em gradientes de intensidade e são fundamentais para a criação de significado e ação coletiva.

Nesse contexto, Felice (2013, p. 63-66) descreve essa estrutura de rede como uma nova forma de organização social e comunicativa, caracterizada por redes interconectadas que transcendem as estruturas hierárquicas tradicionais. Sua perspectiva enfatiza a interdependência e a complexidade das relações entre

humanos e não-humanos.

Porém, para viabilizar essa integração, é imperativo conhecer os objetos e atribuir-lhes interfaces dentro de protocolos específicos, permitindo sua comunicação profunda com o meio externo.

Os domínios tecnológicos cobertos por essa nova rede híbrida entre todos os objetos são amplos e variados, visto que essa conexão tem a potência para compreender quase inteiramente a biosfera, alcançando as fronteiras do nosso sistema solar, dirigindo-se aos interstícios da matéria (nanotecnologia) e atingindo inclusive a vida (biotecnologia). Consequentemente, sensores e outros tipos de interfaces que conectam esses múltiplos agentes e monitoram as camadas terrestres, ou seja, florestas, rios, calotas polares, produzem a cada segundo uma quantidade massiva de dados, os quais cabem somente aos computadores e softwares a função de processá-los e compreendê-los (DI FELICE, 2018). Essa potência de interpretar e atribuir significado a uma quantidade massiva de dados tem se tornado mais evidente com o avanço da Inteligência Artificial, especialmente por meio de modelos de Large Language Models (LLMs), treinados em vastos conjuntos de dados linguísticos, capazes de compreender e gerar texto de forma coerente e contextualmente relevante.

Artistas têm se apropriado destas tecnologias de monitoramento e interface, empregando a potência mediadora dessas novas redes, para proporem sistemas de comunicação entre os fenômenos do mundo concreto, organismos vivos e máquinas, fomentando reflexões não só estéticas, mas também sociais, políticas e éticas .

Nesse sentido, o ambiente entendido outrora apenas como externo e circundante as máquinas, está no momento presente em um movimento progressivo de integração, mediante a digitalização e transformação de seus estados, condições e fatores, em informações e fluxos de dados.

Esse processo de “digitalização” permite também a percepção quase instantânea das nossas ações diante da biosfera e nos faz repensar a nossa

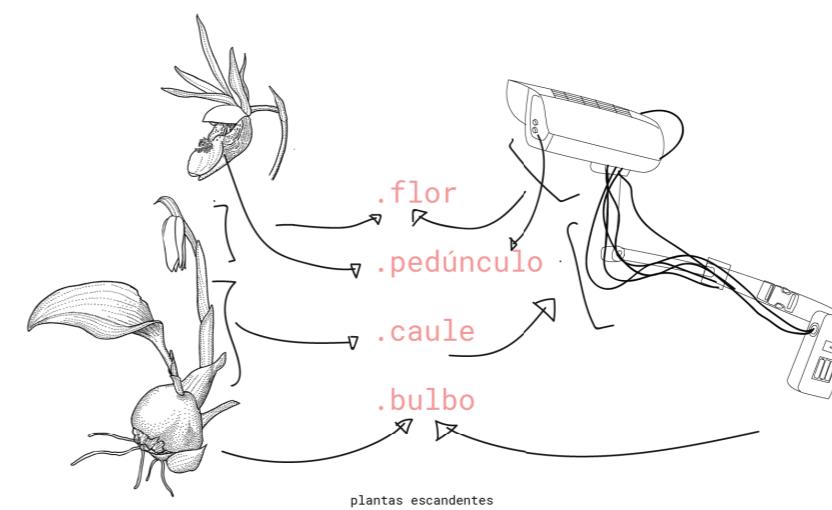


FIGURA 8

Esquema comparativo B1/0-tropismo¹²

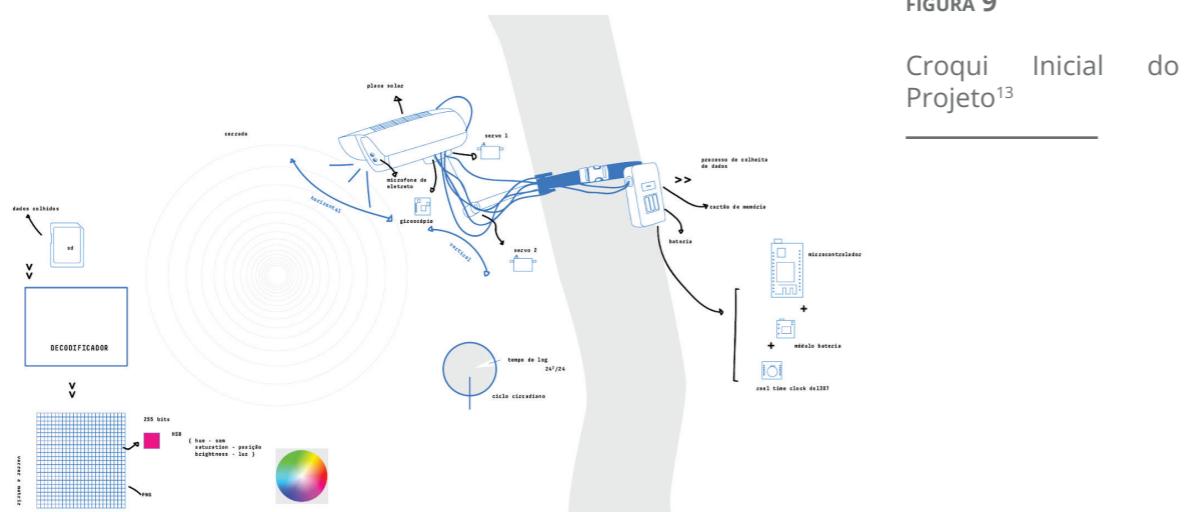


FIGURA 9
Croqui Inicial do Projeto¹³

concepção antropocêntrica referente à ecologia social. Ademais, nos convida a pensar nas novas formas de conexões, decorrentes da disseminação das diversas possibilidades de comunicação entre os múltiplos objetos, denominada por Felice de “ecologias digitais”. É por meio dessas ecologias digitais que estamos adquirindo uma consciência em tempo real sobre as infindáveis informações a respeito dos inúmeros tipos de substância (vegetal, animal e geológica) que nos rodeiam, dando origem a um contínuo monitoramento dos estados de quase toda a biosfera, por meio de uma comunicação generalizada. (DI FELICE, 2018)

É diante deste cenário que se apresenta o experimento artístico B1/0-tropismo, o qual emergiu a partir de questões de origem teórica ligadas ao conceito de rede, mediante os avanços das tecnologias e a abertura dos sistemas maquinicos para a percepção do ambiente externo. O B1/0-tropismo é um sistema híbrido localizado entre a rede técnica de computadores e a natureza, atuando entre a fisicalidade do digital e a digitalização do mundo natural.

Esse trabalho artístico parte de experiências de outros projetos anteriormente executados, os quais também atuam no contexto da relação entre máquina e natureza, tal como a obra Flores de Plástico não Morrem. O projeto é composto por um sistema que atua e interage dentro da natureza. Este sistema cinético é guiado por estímulos externos de luz e som. Ao converter esses estímulos (fotônicos e sónicos), captados em uma região de mata ciliar, para sinal digital, o sistema conduz o fenômeno percebido em um espaço-tempo específico, em uma paisagem natural, para um ambiente digital, oferecendo meios para propagar esses sinais, os quais antes eram externos à máquina.

Aqui a paisagem se faz importante no trabalho, que se modifica a cada lugar instalado, tomamos paisagens específicas como o ponto de partida para projetar algo que se torna parte integrante do sistema como um todo. Nesse sentido, as condições locais - microclimas, ciclos sazonais, biodiversidade, nichos ecológicos, camadas de comunicação - geram informações únicas e próprias do local.

O projeto foi pensado para que durante um período de 24 horas, sejam

13 Fonte: Autor, 2021.



FIGURA 10

Registro
tropismo¹⁴

B1/0-

constantemente captados e armazenados os sinais percebidos pela máquina. Como parte integrante do trabalho, durante o período de exposição, a cada início de dia, o operador humano “colhe” os dados desse sistema e o expõe a um processo de decodificação, dessa vez tendo como saída um arquivo de imagem com dimensões de 24x24 pixels, a qual diariamente é publicado na internet, dando continuidade à propagação progressiva do fenômeno percebido pelo sistema, em um ciclo circadiano, ou seja em um período de aproximadamente 24 horas.

Esse sistema, no campo do imaginário, pode ser entendido como um vegetal-maquinico, se compararmos com uma planta de jardim, apesar da planta ter uma gênese natural, ambas possuem uma artificialidade no seu processo de sobrevivência, necessitando de um cuidado diário por parte do humano. Fomentando meios de sobrevivência e eventualmente se beneficiando dos seus frutos.

As partes físicas desse sistema são como plantas escandentes, ou trepadeiras, as quais se apoiam em uma árvore para receber luz solar e estímulos externos de forma focada. Fazendo uma analogia com um sistema vegetal, este sistema de modo resumido é composto por uma flor, um pedúnculo, caule e um bulbo. Esta espécie de flor se apresenta em um formato de câmera e o seu pedúnculo é articulado no eixo horizontal e seu caule no eixo vertical.

A orientação deste pedúnculo é guiada pela luminosidade captada por sensores resistivos de luminosidade, localizados na parte superior desta espécie de flor. Um servo motor posiciona os sensores em direção a luz solar. Já o posicionamento do caule, ou a segunda seção da haste, obedece um ritmo circadiano, onde no meio do dia se encontra totalmente voltado para cima e no fim do dia encontra-se totalmente apontado para baixo, em uma espécie de movimento de antese diurno.

O estigma, ou a parte receptiva dessa flor-maquinica é composto por um eletreto, um sensor que funciona como um microfone condensador. O

14 Fonte: Autor, 2021.

bulbo, ou melhor o órgão de armazenamento de nutrientes, nesse sistema se apresenta como uma espécie de estojo, onde comporta o sistema de controle (microcontrolador e módulos), o sistema de armazenamento de dados (círculo de log) e o circuito de energia que alimenta todo o sistema geral.

A cada ciclo de 24 horas, os dados captados do microfone de eletreto, dos sensores de luminosidade e da posição do objeto, são gravados em um cartão de memória SD removível embutido no sistema. Nesse processo, o sistema dá entrada em 576 registros em um período aproximado de 24 horas. Assim como acontece em outros cultivos, diariamente pela manhã o operador colhe os “frutos” dessa máquina, mediante a troca da mídia de armazenamento e das baterias.

Em um momento posterior, o operador por meio de um software personalizado, decodifica esses dados em uma imagem png de 24x24 pixels. Durante o período de exibição do trabalho, as imagens resultantes desse processo são publicadas diariamente na internet, contribuindo para a propagação desse fenômeno localizado em espaço-tempo específico, percebido pela máquina.

O algoritmo que faz essa decodificação, parte de uma matriz bidimensional de 24x24 pixels e preenche cada unidade com um valor cromático, “renderizando” pixel a pixel uma imagem. A cor utilizada para compor cada pixel é um resultado das informações colhidas da flor-maquinica, cada dado é normalizado para um comprimento de 256 bits. O software utiliza o sistema HSV (hue, saturation e brightness) para definir as cores, onde cada parâmetro é correspondente a um dado captado pelos sensores, os dados relativos à placa solar indica a matriz cromática da cor, os dados relativos ao eletreto indicam a saturação da cor e o brilho de cada pixel é orientado pelo vetor da posição do objeto.

Durante esse processo de agenciamento entre os objetos que compõem este trabalho, tivemos que lidar com as forças próprias dos elementos, os quais também direcionaram o caminho do trabalho artístico. No desenvolvimento, a ideia original passou por diversas modificações, influenciadas pelas condições



FIGURA 11

Screenshot B1/0- tropismona exposição E m m e i o # 1 3 . 0 : Contaminações¹⁵

específicas do ambiente e, principalmente, pelas possibilidades técnicas dos equipamentos utilizados no projeto.

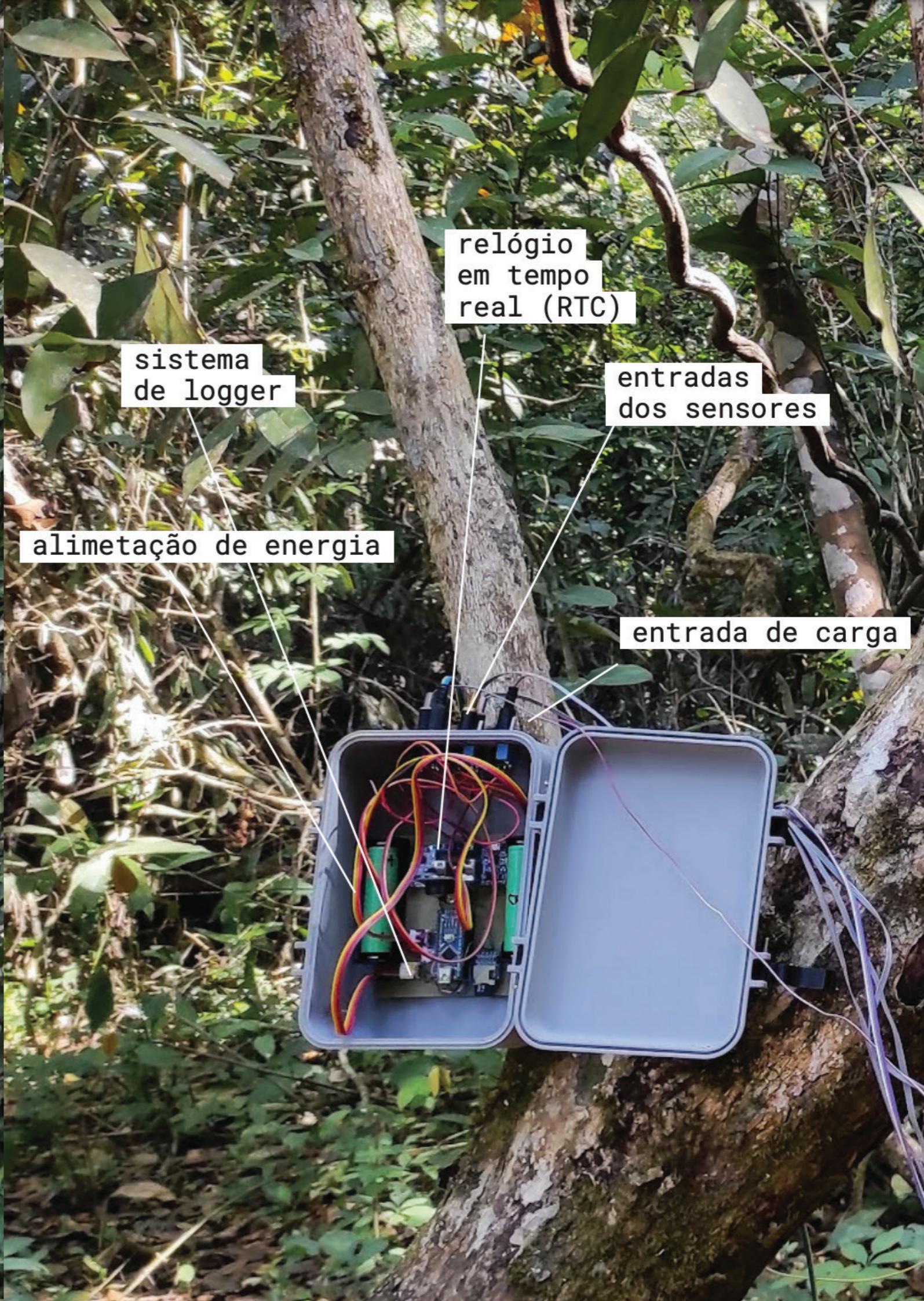
Aqui, a posição dos sensores é fundamental, pois determina a forma das matrizes, a coloração dos 'pixels'. Esta posição é definida pela máquina em um sistema entre sensores e atuadores que, para além do domínio digital, incorpora aspectos mecânicos emergentes, ultrapassando os automatismos rígidos e adaptando-se e transformando-se ao se conectar com as informações externas.

Ao considerar o aspecto poético desse trabalho, é importante destacar que a "natureza" não é vista apenas como uma fonte de inspiração para modelos de simulação. Existe uma busca por formas de acoplamento entre elementos orgânicos e máquinas, em uma perspectiva ecológica, que valoriza a interconexão e interdependência dos seres vivos e dos sistemas tecnológicos. A paisagem nesta circunstância serve como um estudo, para envolver os objetos criados por humanos em uma complexidade ambiental não só técnica mas também orgânica, que apresenta suas particularidades e especificidades no sistema.

Em termos conceituais, este projeto não busca soluções tecnológicas para questões ambientais. Em vez disso, ele se concentra na lógica subjacente que molda nosso pensamento sobre o papel da tecnologia e da natureza, bem como na nossa relação com ambos os elementos. Esse sistema não é um fim em si mesmo, mas um meio de tensionar e propor discussões a respeito das nossas relações com os objetos que nos cercam, amplificado pela particulares de um sistema híbrido.

Partindo desse trabalho, presumimos que a abertura da máquina para ambiente externo, pode refletir uma capacidade de ficcionar o real e especular as virtualidades, por meio de ferramentas e aparatos tecnológicos. A fim de propor novos arranjos na relação máquinas e organismos.

SISTEMA <B1/0-TROPISMO >



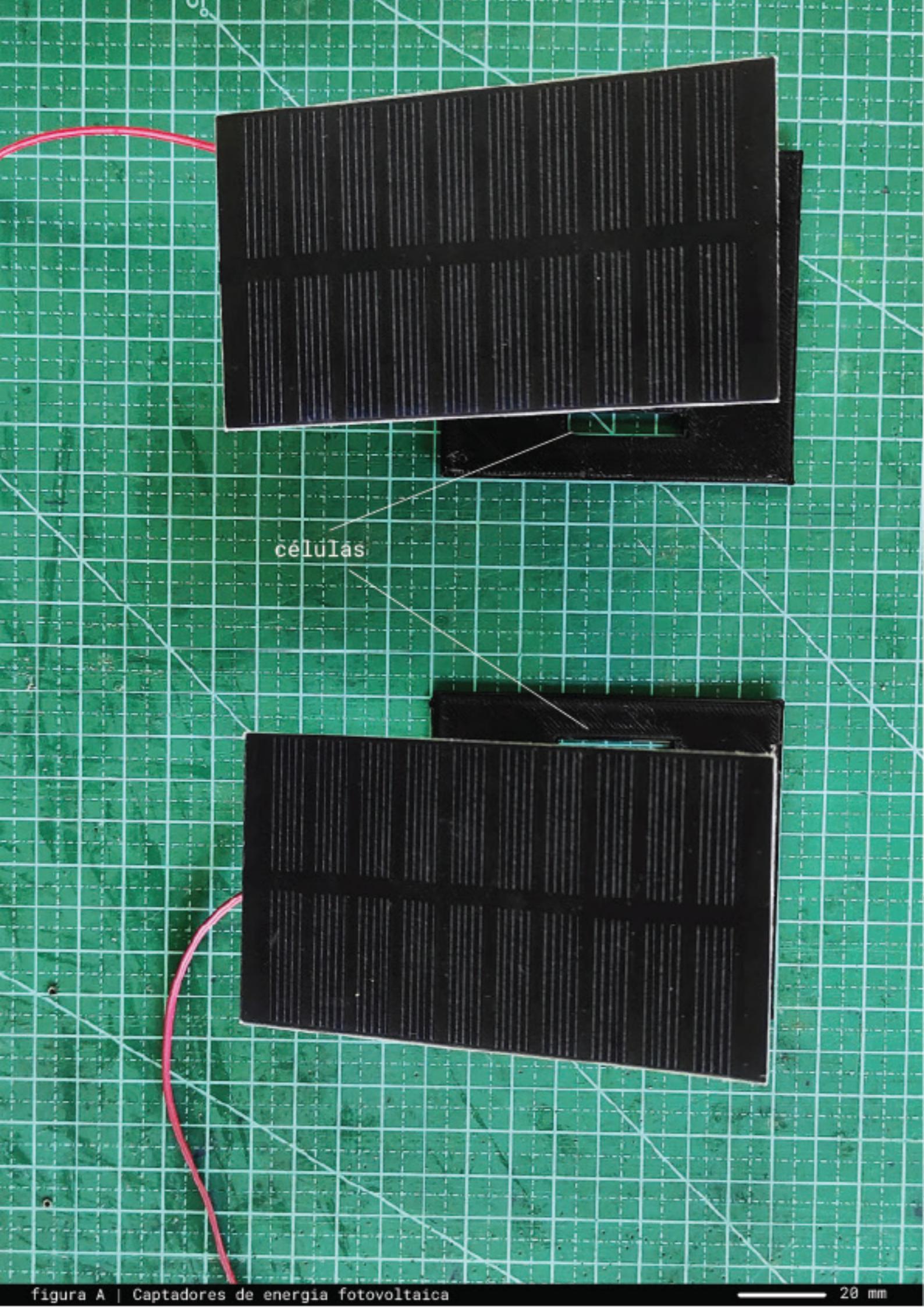


figura A | Captadores de energia fotovoltaica

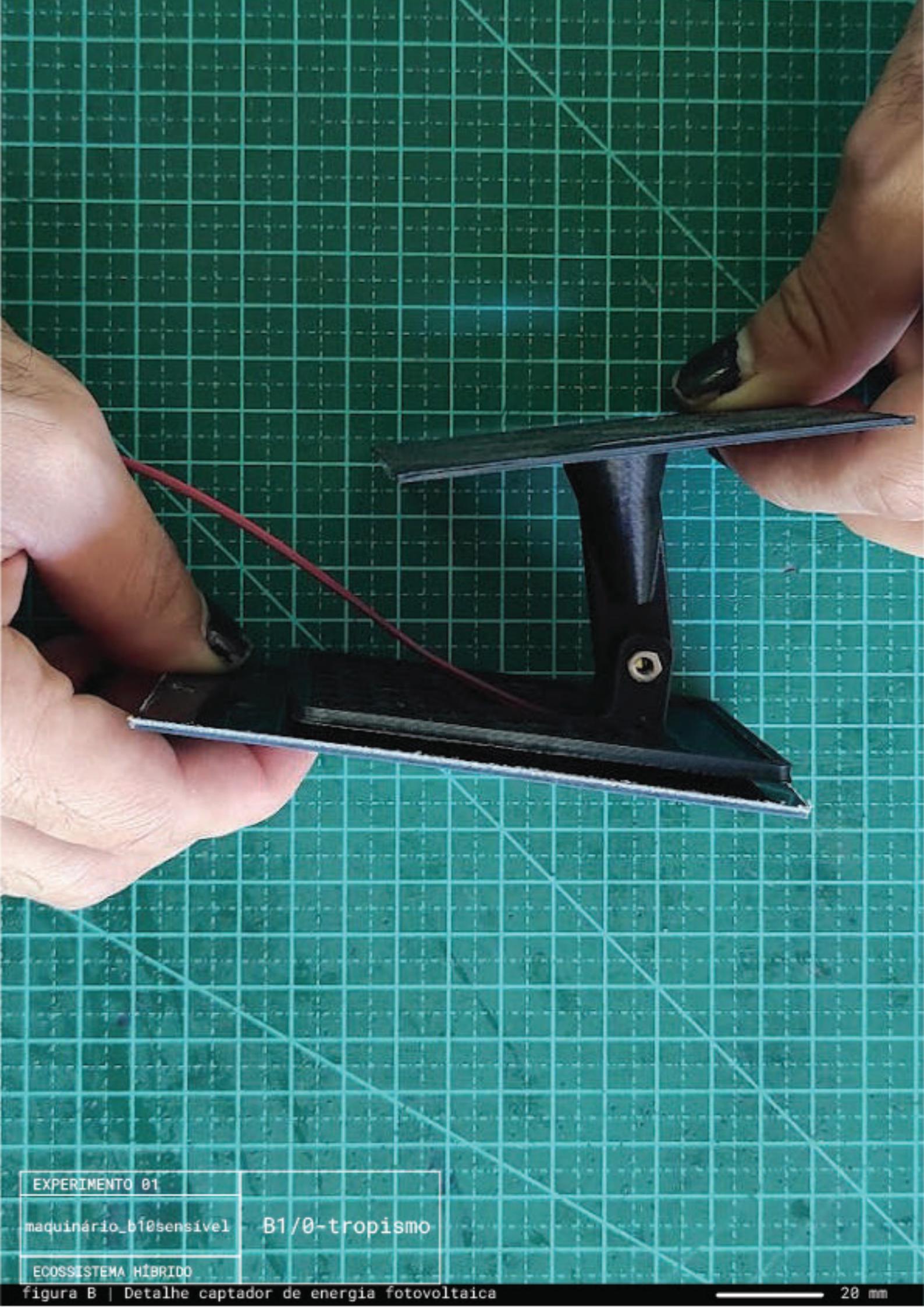


figura B | Detalhe captador de energia fotovoltaica

EXPERIMENTO 01
maquinário_b10sensível B1/0-tropismo
ECOSISTEMA HÍBRIDO

20 mm

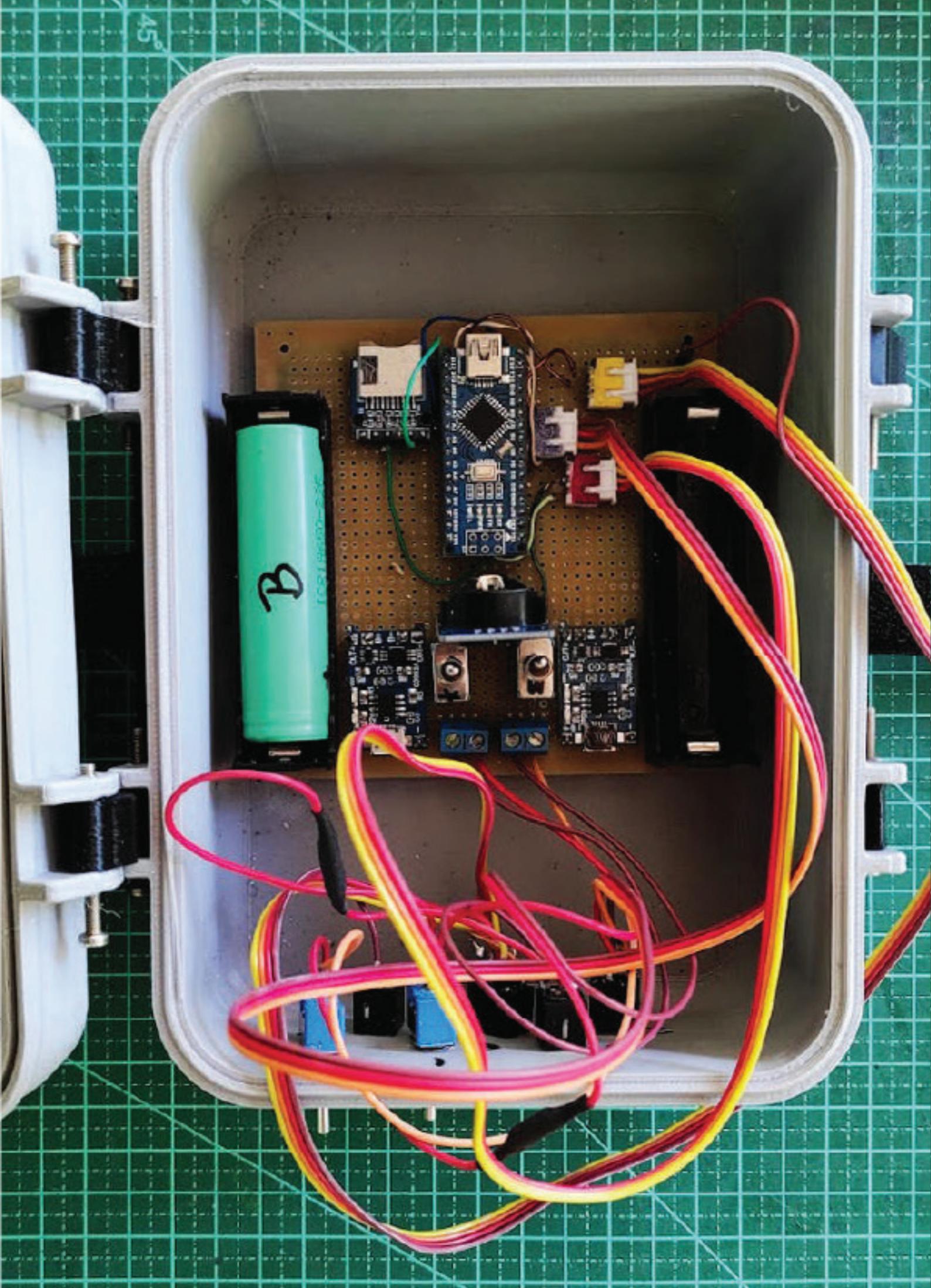


figura C | Bulbo de circuito

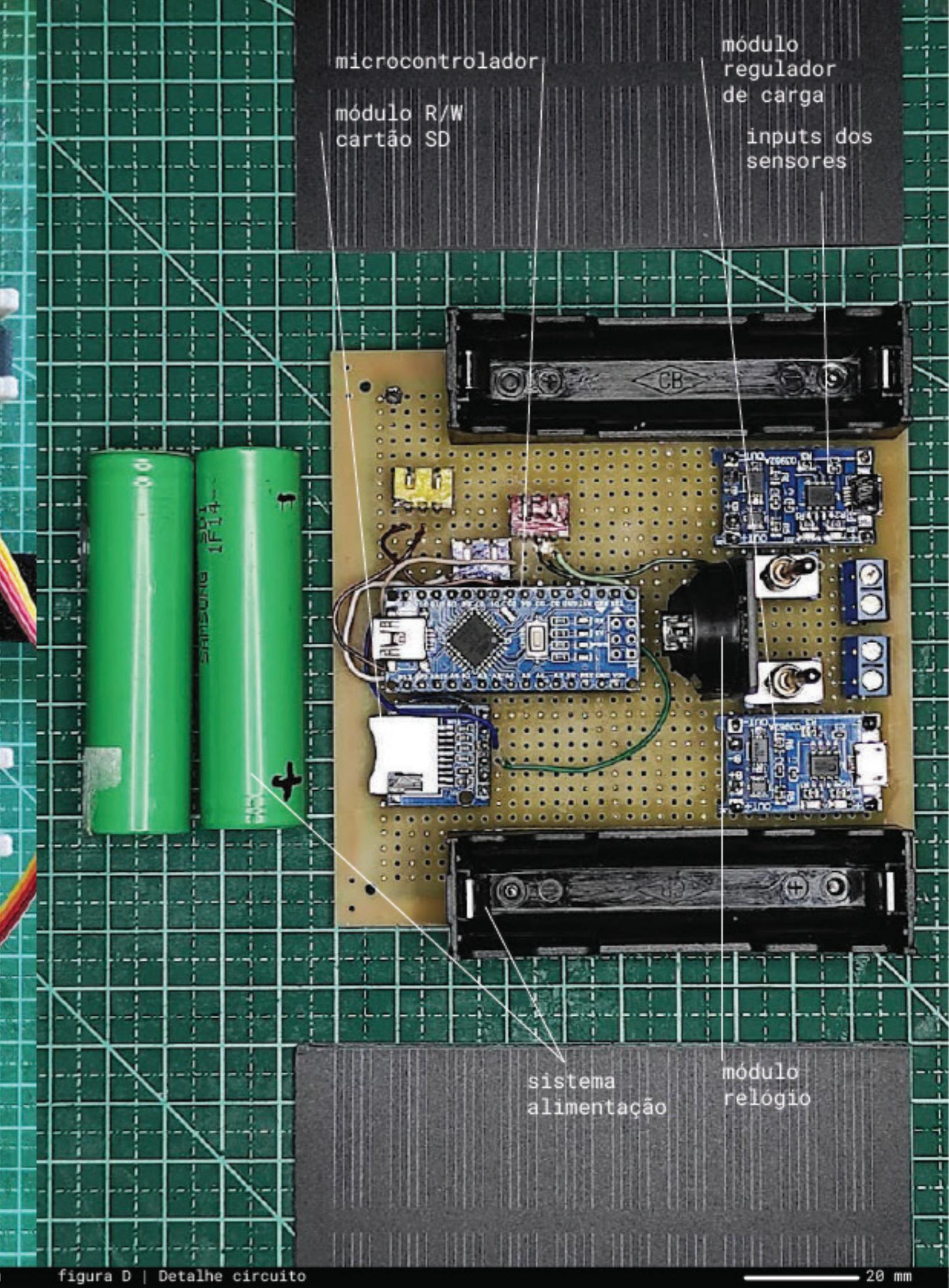


figura D | Detalhe circuito

SEÇÃO 2 | ACOPLAMENTOS ENTRE MÁQUINA- HOMEM-NATUREZA



Como mencionado na seção anterior, a ideia do observador humano como parte do sistema não é exclusiva dos trabalhos que envolvem sistemas computacionais, mas é um fator importante discutido por autores e artistas que usam recursos interativos proporcionados pelas tecnologias computacionais. Um exemplo disso é o trabalho da artista e pesquisadora Suzete Venturelli, que pesquisa a interatividade em trabalhos de arte. Em suas pesquisas, ela explora conceitos, métodos e técnicas computacionais voltados para a produção artística em uma perspectiva estética, que podem ser compreendidos como Arte Computacional, de acordo com sua definição. (VENTURELLI; MACIEL, 2008)

Para Venturelli, (2004) a interatividade ocorre de forma interna nos trabalhos de arte, através da troca de informações entre os diversos componentes, sejam eles de software, hardware, interfaces ou agentes vivos.

Segundo a pesquisadora:

a interatividade e interação definem [...] uma arte da relação, quer dizer, ao mesmo tempo uma arte de saber relatar, da narração, da inscrição de eventos numa dinâmica temporal – logo, de uma certa maneira, do discurso –, mas igualmente uma arte da relação e das modificações que os elementos de intervenção provocam entre eles. (ibid. 2004, p. 76)

Contudo, artistas têm utilizado a ideia de interação como estratégia metafórica para questionar também a nossa relação com as máquinas e em alguns casos até a equidade ética e estética com outros organismos e sistemas não-humanos. Esse é o caso da obra Flores de Plástico Não Morrem, desenvolvida pelo laboratório de pesquisa em Arte Computacional (Medialab/UnB)¹⁶ sob supervisão da professora Suzete Venturelli.

A instalação interativa é baseada em flores de plástico, desenhadas a partir de dados biológicos, como a resistência galvânica, obtidas de plantas cultivadas no laboratório. Essas flores são impressas em 3D e integradas a sistemas luminosos. No sistema, as flores estão interligadas, criando um biótopo que se assemelha a

2.1 INTERAÇÃO HUMANO-MAQUINA

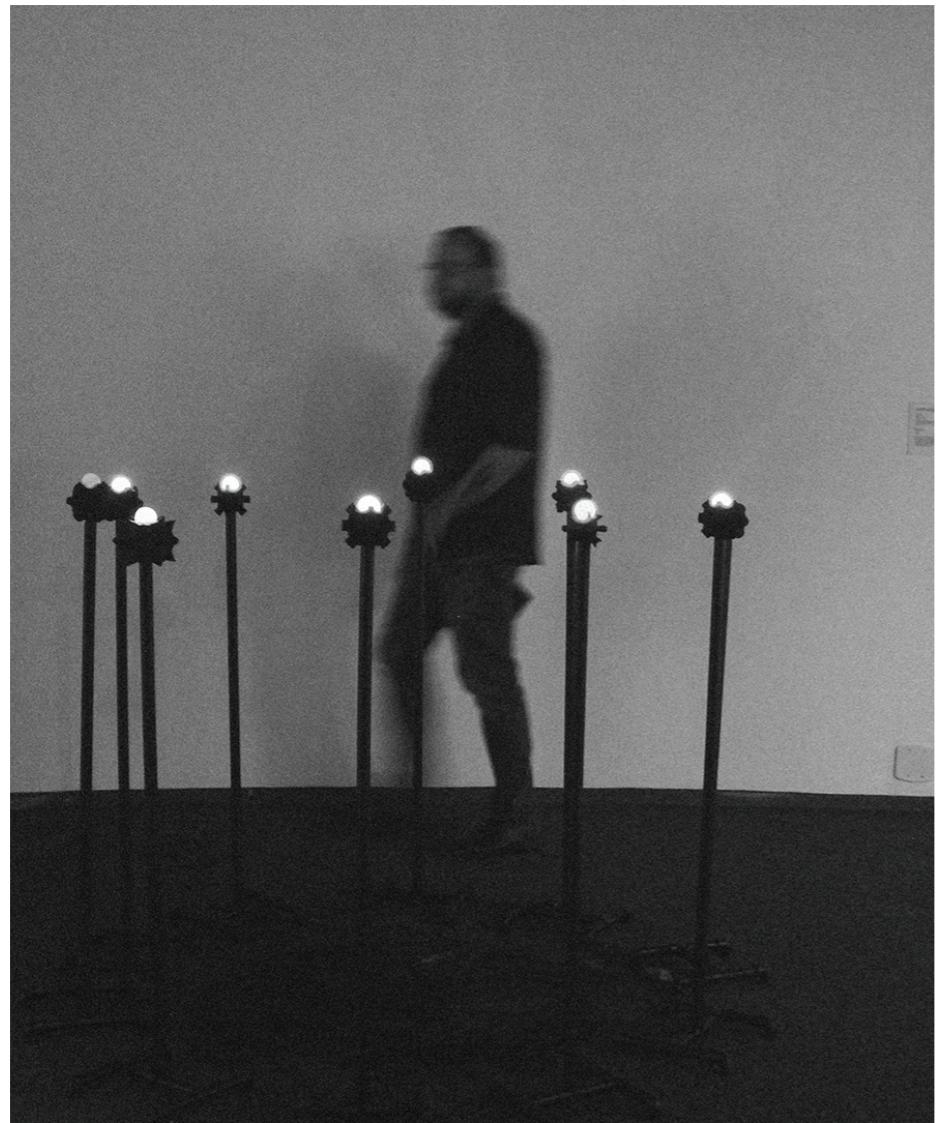


FIGURA 12

Instalação
de
Plástico
Morrem¹⁷

um ecossistema ou bioma, mas em formato computacional. Nesse ecossistema, as pétalas generativas dão forma às flores de plástico, enquanto a propagação da luz segue uma lógica de repetição e auto-similaridade presentes em diversos processos de crescimento e desenvolvimento de organismos.

Nessa proposta, cada flor é constituída de hastes formadas por cano de PVC reaproveitados, no qual variam de altura a cada produção. A formação das pétalas, sépalas e pedúnculo são resultados de uma morfogênese digital e generativa. Para o desenvolvimento de cada flor, são coletados dados de resistência galvânica por meio de sensores acoplados a plantas orgânicas. A equipe desenvolveu um software que utiliza algoritmos genéticos para simular processos evolutivos. A partir de dados captados, o software gera uma forma inicial com uma estrutura de DNA única. Em seguida, o software cria uma mutação na estrutura da forma seguinte, a partir de novos dados captados. Esse processo é repetido em uma sequência randômica, resultando em uma diversidade de formas geradas.

Na obra em questão, a morfogênese dos elementos é definida pelas informações contidas em uma espécie de DNA. Sendo assim, como resultado, cada nova geração apresenta mudanças visuais sutis em relação à forma anterior, de modo que não há duas formas idênticas. Após esse processo, o resultado é adaptado em um software de modelagem 3D, para que possa ser impresso e receber os componentes eletrônicos e circuitos necessários para a construção da peça.

Depois de impressas, em cada flor é acoplada uma espécie de estigma luminoso, que varia sua intensidade e cor de acordo com a interação com as outras flores vizinhas. Essa interação se dá a partir de um jogo de autômatos celulares, um algoritmo que simula processos complexos semelhantes ao comportamento de organismos simples. A partir de um conjunto de regras, cada flor no jogo pode mudar seu estado a cada turno, levando em consideração as condições de suas vizinhas. Esse processo resulta na formação de padrões complexos e fractais em uma rede formada por componentes eletrônicos e operações recursivas no interior do sistema.

17 Fonte: Autor, 2020.

Temos então, a emergência de um bioma computacional, uma selva de plástico acoplada a sistemas de microcontroladores, na qual um conjunto de interações fomentam o surgimento de comportamentos complexos emergentes, dando origem a um sistema autogerativo e interativo no qual se estabelecem relações cibernéticas entre máquina-máquina que tem como lastro uma vida vegetal, atuando em um ecossistema com atmosfera e espaço-tempo singular.

Segundo os autores, o trabalho cria novas camadas complexas de indeterminação ao sistema e consequentemente traz uma reflexão sobre a atual relação entre humanos e não-humanos, conjugando planta e máquina em um só sistema. Partindo do ponto de vista sensível e estético, os artistas ressaltam como tal hibridação produz uma complexidade derivada das diversas camadas de significados e funções sistêmicas em colaboração, em uma abordagem interativa que não possui abertura para o público através de interfaces humano-máquina. (REIS; VENTURELLI, 2021)

Neste trabalho, a abertura do sistema maquinico a outros organismos vivos, ainda que somente no seu processo de produção e operado em uma máquina externa ao sistema, é combinada com modelos de simulação e aspectos computacionais para dar forma ao trabalho. Essas características, juntamente com a interação entre elementos, fornecem suporte à intenção dos artistas de propor uma reflexão sobre as relações humanas com plantas e máquinas. A partir de uma perspectiva não antropocêntrica, busca-se compreender a atuação e a interação de todos os elementos no contexto da biosfera, questionando valores e hábitos que muitas vezes são sustentados apenas pelo ponto de vista antropocêntrico. (REIS; VENTURELLI; PRADO, 2019)

No contexto de trabalhos que envolvem sistemas computacionais acoplados a organismos, percebemos uma abertura dessas máquinas para uma comunicação com formas de vida, balizada pelo surgimento de novas ferramentas eletrônicas, tais como sensores e modelos lógicos computacionais avançados. Durante a presente pesquisa fomos levados a acreditar que essas novas ferramentas

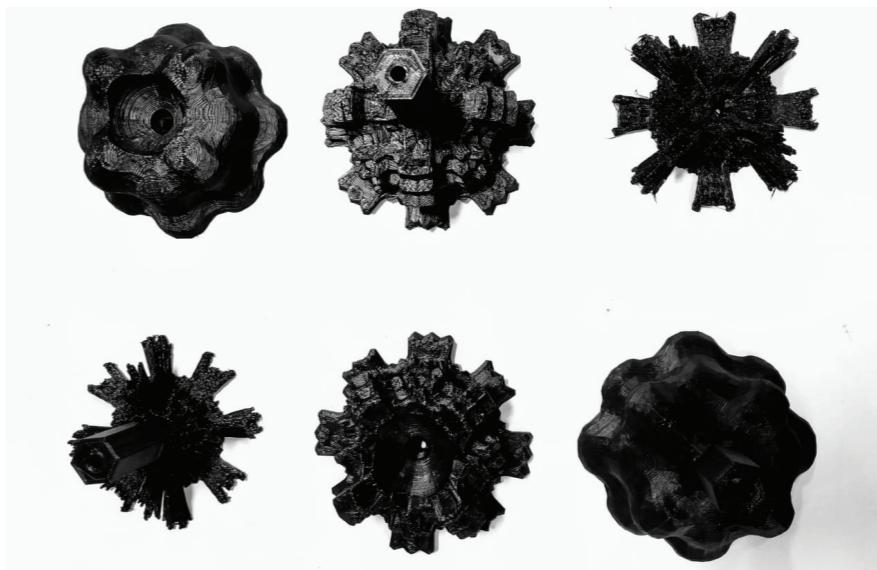


FIGURA 13

Impressões das flores de plástico geradas a partir dos sinais de resistência galvânica das plantas¹⁸

não só inspiram artistas a desenvolver novos projetos, mas também articulam questões plásticas e estéticas nos trabalhos artísticos, em razão da sua natureza e particularidades.

2.2 ORGANISMOS VIVOS E O SISTEMA INFORMATACIONAL EM ARTE E TECNOLOGIA

Trabalhos que fazem o uso de sistemas maquinicos e computacionais têm sido estreitamente associados ao pensamento cibernetico, conforme mencionado na seção anterior, em especial os com aspectos interativos. No entanto, ao considerar as abordagens ciberneticas na arte, é importante levar em conta a perspectiva de Liss Werner (2018). Para a autora, o modelo cibernetico da informação, proposto por Claude E. Shannon, matemático e engenheiro norte americano pioneiro na área de comunicação e codificação de informação, embora seja uma base teórica importante no contexto dos estudos em cibernetica, difere do processo de informação presente nas obras artísticas, especialmente aquelas que possuem uma dimensão interativa ou emergente. O modelo de Shannon é restrito e fechado, limitado a um ciclo de entrada, processamento e saída, e neste caso, não considera o feedback para a próxima iteração, os trabalhos de arte por sua vez, desafiam os modelos lineares e causais de entrada, processamento e saída de informações, presentes nesta abordagem entendida como cibernetica de primeira ordem, e requerem uma abordagem mais dinâmica, que considere as interconexões entre todas as partes envolvidas. (WERNER, 2018)

Nesse sentido, o modelo cibernetico de segunda ordem proposto por Gordon Pask, psicólogo, educador e cientista britânico que desempenhou um papel importante no desenvolvimento da Cibernetica, pode ser mais apropriado, para pensar os trabalhos contemporâneos que envolvem tecnologias computacionais e hibridizações, uma vez que considera o observador como parte integrante do sistema e permite uma visão mais ampla e complexa das interações entre as partes envolvidas, conhecida também como cibernetica de segunda ordem.

Ao contrário da cibernetica de primeira ordem, que concentra-se na observação e controle de sistemas por meio de feedback, o modelo de Pask vai além, incluindo a reflexão sobre o próprio processo de observação. Na cibernetica de segunda ordem, o observador não é visto como neutro e objetivo, mas como um influenciador e influenciado pelo sistema observado. Na Cibernetica de segunda ordem o sistema é entendido como capaz de reconhecer sua própria existência, e em função disso, adaptar proativamente seu comportamento. Isso

implica em uma perspectiva na qual o sistema pode monitorar e modificar sua própria estrutura e processos internos em resposta a mudanças externas a ele. (MOELLER, 2006)

Com base nessa abordagem, o pesquisador e teórico Edmond Couchot (2003) tem se dedicado a repensar o conceito de interação no campo das artes, apresentando a ideia de segunda interatividade. Em contraposição à concepção tradicional de interatividade, como uma simples troca direta entre o interator e interface, a segunda interatividade propõe uma visão mais complexa, que considera não apenas o interator e a interface, mas também o ambiente em que estão inseridos, em uma relação dinâmica .

Na segunda interatividade, o sistema, que inclui o usuário, a interface e o ambiente, é visto como complexo e adaptativo, em constante transformação. O sistema é capaz de monitorar a si mesmo e de se modificar com base em sua própria observação. Isso significa que na segunda interatividade, o público participa ativamente da criação e transformação do ambiente em que se encontra. Os elementos externos que interagem com o sistema desempenham um papel ativo na formação e alteração tanto no próprio sistema quanto no ambiente. (COUCHOT, 2003)

É fundamental compreender que essa reflexão não está limitada apenas às artes que utilizam tecnologias computacionais ou eletrônicas, mas é uma questão explorada também a partir de outros trabalhos artísticos, como nas obras de arte participativa nos trabalhos dos artistas brasileiros Hélio Oiticica, Lygia Clark e Lygia Pape. Na contemporaneidade, artistas têm ampliado a ideia de interação com o objeto artístico, indo além da relação humano-máquina e propondo sistemas que interagem com o ambiente, com outros sistemas e até mesmo organismos vivos.

Entretanto, é nas obras artísticas que fazem uso de tecnologias computacionais e eletrônicas, que encontramos uma abordagem onde a máquina não é vista apenas como uma mera ferramenta, mas como um agente ativo no processo

criativo, um sistema com sua própria individualidade e agência. Essa perspectiva não se limita à “construção com a máquina”, no sentido instrumental, mas propõe a “criação com a máquina”, explorando as possibilidades criativas que surgem dessa relação.

Isso se expressa nos primeiros trabalhos de arte com computador, como na série de desenhos gerados por computador Hommage à Barbaud, da artista húngara Vera Molnár, composta por desenhos gerados a partir de um conjunto de instruções algorítmicas. Em Hommage à Barbaud os desenhos são gerados a partir de quadrados concêntricos que se curvam para dentro e para fora, até se tornarem uma rede emaranhada de rabiscos, não mais reconhecíveis como formas geométricas puras, resultantes das interações entre os processos algorítmicos expressos pelos comandos inseridos pela artista e os processos internos da máquina, neste caso, um computador mainframe IBM system/370. (VALYI-NAGY, 2022)

A artista e pesquisadora Zsofi Valyi-Nagy (2022), que tem estudado o trabalho de Molnar nos fornece detalhes da concepção dessa série :

Uma matriz de nove conjuntos de sete quadrados concêntricos se transforma de acordo com três padrões diferentes: primeiro, o número de quadrados concêntricos em cada conjunto é alterado aleatoriamente, interrompendo a vibração óptica da grade. Em seguida, os quadrados concêntricos voltam à grade, mas seu quadrado central é deslocado aleatoriamente, como um peixe pendurado em uma anêmona-do-mar. O restante dos quadrados segue esse padrão até que sejam completamente

19 “A matrix of nine sets of seven concentric squares transforms according to three different patterns: first, the number of concentric squares in each set is randomly altered, disrupting the optical vibration of the grid. Then, the concentric squares snap back to the grid, but their central square is randomly displaced, like a fish hanging on to a sea anemone. The rest of the squares follow this pattern until they are completely dislodged from their grid. The grid then resets again, this time transforming by way of the sides of the square being replaced with other geometric forms—curves, diagonal lines. By the final transformation, we have a mess of squiggles, in which we must strain to find the underlying structure.”

desalojados de sua grade. A grade então é redefinida novamente, desta vez transformando-se por meio dos lados do quadrado sendo substituídos por outras formas geométricas - curvas, linhas diagonais. Na transformação final, temos uma confusão de rabiscos, nos quais devemos nos esforçar para encontrar a estrutura subjacente. (Tradução nossa, s.p.)

Estratégias algorítmicas complexas, como a incorporação de aleatoriedade e recursividade, são frequentemente utilizadas por artistas como uma tentativa de superar a previsibilidade inerente às máquinas programáveis. Essas estratégias representam uma possível tentativa de criar em colaboração com o computador, explorando novas possibilidades ao desviar da lógica convencional da máquina e valendo-se das questões próprias do dispositivo, que carrega em si a herança de modelos de pensamento e cultura derivados do seu processo de invenção. (REIS, 2019)

Couchot classifica esse tipo de interação como endógena, pois ocorre dentro do contexto interno da máquina, caracterizada por suas próprias dinâmicas e processos. No entanto, essa abordagem encontra limitações no sistema maquinico e em seus próprios processos internos. Em contraste, podemos pensar na máquina em suas interações com o ambiente externo e outros sistemas, Couchot caracteriza como interação exógena aquela que se dá fora do dispositivo, mais especificamente entre o interator e o sistema, mas podemos imaginar essa relação também com o meio, em um contexto maior, ao propor uma abertura da máquina às influências externas. (COUCHOT, 2003)

Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de sistemas cada vez mais sofisticados na contemporaneidade, essas máquinas se tornam capazes de reagir, de certa forma, a fenômenos naturais. No caso dos computadores, essa reação ocorre mediante um processo de discretização no fenômeno percebido, e o resultado da percepção pode ser manipulado e integrado a outras informações.

É óbvio que a evolução desses objetos técnicos não se limita ao campo das artes.

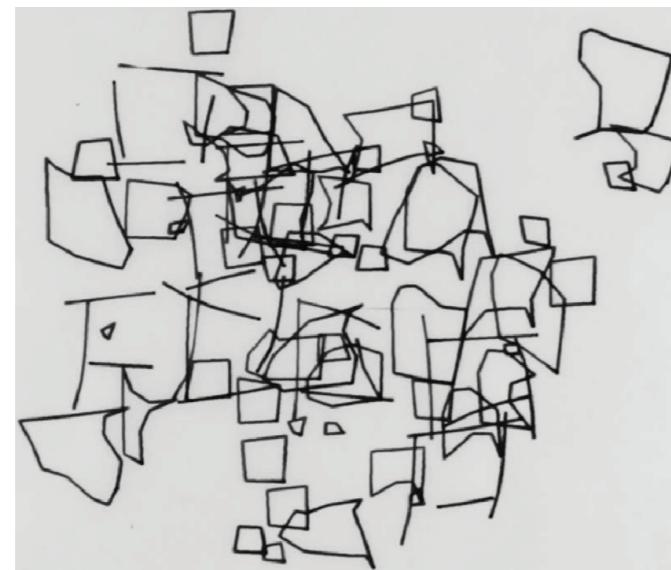


FIGURA 14

Hommage à Barbaud
de Vera Molnár
(1974)²⁰

Pelo contrário, ela propõe avanços significativos em diversas áreas da ciência e tecnologia. Um exemplo que ilustra as possibilidades desses avanços, que vai além do comum monitoramento do ambiente e de controle por feedback, é o desenvolvimento de sistemas mais sofisticados para gerar números aleatórios (Random Number Generator – RNG) em microcontroladores, uma questão importante para os sistemas embarcados.

A geração de números aleatórios é crucial para a implementação de diversos algoritmos na computação. No entanto, a maioria dos microcontroladores disponíveis no mercado utiliza um gerador de números pseudo-aleatórios, o que significa que, em algoritmos que requerem aleatoriedade, a sequência de números fornecida pelo sistema não é realmente aleatória, mas se aproxima das propriedades de aleatoriedade devido às limitações internas do dispositivo, que utiliza apenas métodos determinísticos aritméticos calculados internamente na máquina. (JUSTI, 2020)

No entanto, essa limitação acaba por restringir a capacidade do sistema, principalmente quando se trata da implementação de algoritmos de criptografia, por exemplo. A fim de superar essa limitação, é concedida aos microcontroladores uma abertura ao ambiente externo, permitindo que interajam com fontes de entropia, tais como ruídos elétricos, movimentos térmicos e outros fenômenos, permitindo gerar números verdadeiramente aleatórios (True Random Number Generator - TRNG) (Jarek & França, 2022). Um exemplo prático desse processo está na série de microcontroladores ESP32, muito popular entre entusiastas, artistas e hobistas em eletrônica.

Os microcontroladores ESP32 possuem um gerador de números aleatórios (RNG) integrado que pode ser usado para gerar números aleatórios seguros ou verdadeiros. O gerador de números aleatórios do ESP32 é baseado em um gerador de ruído, que utiliza a combinação de fontes de entropia física para criar números aleatórios. Essas fontes de entropia incluem o ruído térmico gerado pelo próprio chip, variações de tensão na alimentação, oscilações de clock, entre

20 MOLNAR, Vera. Hommage à Barbaud (Tributo a Barbaud), 1974. Desenho plotter, tinta sobre papel. Dimensões: 6 x 6 cm. Fotografia: Galerie Oniris, Rennes. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/era-Molnar-Hommage-a-Barbaud-Tribute-to-Barbaud-1974-Plotter-drawing-ink-on_fig2_338896073. Acesso em: 20 fev. 2025.

outras. (ESPRESSIF SYSTEMS, 2019)

A geração de números aleatórios verdadeiros não se limita aos sistemas embarcados e o campo das ciências duras, e pode ser aplicada em áreas como design, criação de jogos e até mesmo a arte, especialmente em trabalhos que exploram a interface entre arte e tecnologia. Um exemplo notável desta aplicação é a série de esculturas Quantum Foam, do artista belga Frederik De Wilde. Nessa série, Frederik utiliza recursos da criptografia quântica para produzir esculturas, usando o ruído de vácuo quântico como fonte de entropia para gerar números aleatórios verdadeiros. Em colaboração com o Departamento de Ciência Quântica da Australian National University, liderado pelo Dr. Thomas Seymul, o artista utiliza métodos específicos da ciência para acessar fontes físicas quânticas e gerar números aleatórios verdadeiros que dão forma às esculturas. Sobre o trabalho o artista declara :

A escultura moldada em concreto é uma visualização artística de dados do vácuo quântico, o estado de energia mais baixo do Universo invisível. Talvez o efeito mais importante da teoria quântica nas artes em geral seja uma espécie de lembrete e desafio. O mundo não é uma máquina de Turing, uma máquina de computação lógica perfeita. Nosso mundo aparentemente sólido e previsível é baseado em uma realidade subjacente que não opera por causa e efeito determinísticos unidirecionais, mas por um estranho tipo de correspondência harmônica entre entidades indeterminadas, cujo próprio ser é apenas uma probabilidade (DE WILDE, 2012, tradução nossa, s.p.)²⁰

20 “The sculpture cast in concrete is an artistic data visualisation of the quantum vacuum, the lowest energy state of the invisible Universe. Perhaps the most important effect of quantum theory on the arts in general is as a kind of reminder and challenge. The world is not a Turing machine, a perfect logical computation machine. Our apparently solid and predictable world is based on an underlying reality that does not operate by deterministic one-way cause and effect, but by a strange sort of harmonic correspondence among indeterminate entities, whose very being is only a probability.”



FIGURA 15

Objeto da série Quantum Foam de Frederik De Wilde (2019)²²

22 Website de Frederik De Wilde. Disponível em : <https://frederik-de-wilde.com/project/quantum-foam-2/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

Na série de esculturas, compostas em diversos materiais, o artista faz uso do vácuo quântico e da conversão de ruído do vácuo em números aleatórios verdadeiros, através de um experimento de bancada com lasers quanticamente entrelaçados. Com esses números aleatórios verdadeiros, Frederik utiliza um software de modelagem 3D personalizado para criar formas únicas e visualizações artísticas do “universo invisível”. O artista ainda tem colaborado com o pesquisador Vincenzo De Florio na exploração de aplicações poéticas e científicas dessas técnicas e métodos. (DE WILDE, 2012)

A partir dessa perspectiva, é relevante ponderar que a abertura da máquina para interagir com ambiente externo é regulada pelas margens de indeterminação do objeto técnico, as quais, por sua vez, impõem limites ao seu inventor, conforme destaca o filósofo da técnica francês Gilbert Simondon (2020, p.47).

Além disso, um ponto central nessa discussão é a desestabilização atual do conceito de natureza e técnica, ampliada pelas tecnologias contemporâneas. Considerando principalmente a abertura da percepção da máquina a outros organismos no último século, entendida por Simondon como a ampliação do grau de indeterminação, ou pelo processo massivo de “digitalização” da biosfera, que propõe novas formas de conexões a partir da disseminação de outras possibilidades de comunicação entre múltiplos objetos, como apontado pelo pesquisador Massimo Di Felice em sua teoria sobre as “ecologias conectivas”(DI FELICE, 2019).

É nesse contexto que buscamos entender o maquinário não apenas como um artefato técnico, mas como o locus onde reside a complexa relação entre humano e técnica, capaz de mediar a interação entre indivíduos, organismo e o meio ambiente. Esse maquinário se atualiza em resposta às transformações tecnológicas e culturais, tendo no ser humano um parceiro de ação. Nesse cenário, deve-se compreender o ser humano como um organizador constante de uma comunidade que também inclui objetos técnicos, e no caso do artista, designer ou engenheiro como inventor e coordenador contínuo das máquinas



FIGURA 16

Objeto da série Quantum Foam [Encryption Castle] de Frederik De Wilde na exibição “SECRET” na Science Gallery Dublin (2015)²³

23 Independent.ie. Disponível em : <https://www.independent.ie/irish-news/news/lost-art-of-keeping-a-secret-goes-on-display-31433708.html>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ao seu redor (SIMONDON, 2020 [1958]).

Um exemplo que ilustra essa relação é o projeto de arte robótica "Knobby Clubbrush" da artista e pesquisadora Marilia Bergamo. Inspirado na planta nativa australiana *Ficinia nodosa*, conhecida como Knobby Clubbrush, esse projeto destaca a interação entre seres humanos e máquinas. A *Ficinia nodosa* é um juncos que pode atingir até um metro de altura e possui uma estrutura nodosa em seu topo, adaptada para áreas ventosas. (BERGAMO, 2020)

Knobby Clubbrush consiste em hastes robóticas que funcionam como "agentes" computacionais bioinspirados. Cada agente possui sensores na parte superior, chamada "Knobby", incluindo acelerômetro, giroscópio, sensor de temperatura e microfone. Esses agentes são capazes de detectar o vento e realizar movimentos em resposta, simulando comportamentos de auto-organização. (ibit.)

A estrutura modular do projeto é composta por nove agentes de diferentes tipos Winder, Capturer e Turner. O sistema é controlado por Arduino e possui um Shield desenvolvido especialmente para o projeto. As partes superiores (Knobby) são impressas em 3D com padrões de cones e pequenos orifícios para permitir que o ar afete os sensores. Os agentes interagem entre si, "competindo" e "cooperando" através de um código que simula características como interesse, tédio e curiosidade.

Como resultado, o trabalho apresenta-se como uma máquina estruturada que incorpora características emergentes dos organismos vivos, ampliando os limites da definição tradicional de objeto técnico. Essa máquina não é um ser fechado em si mesma; pelo contrário, sua capacidade de interação com o ambiente é intensificada por meio de sensores e atuadores.

Esses componentes permitem que a máquina perceba e responda dinamicamente às condições do meio, integrando-se de forma mais eficaz ao seu entorno. Sobre os sensores e atuadores da obra Bergamo (2020) aponta:

Knobby capta internamente o vento para a exposição de

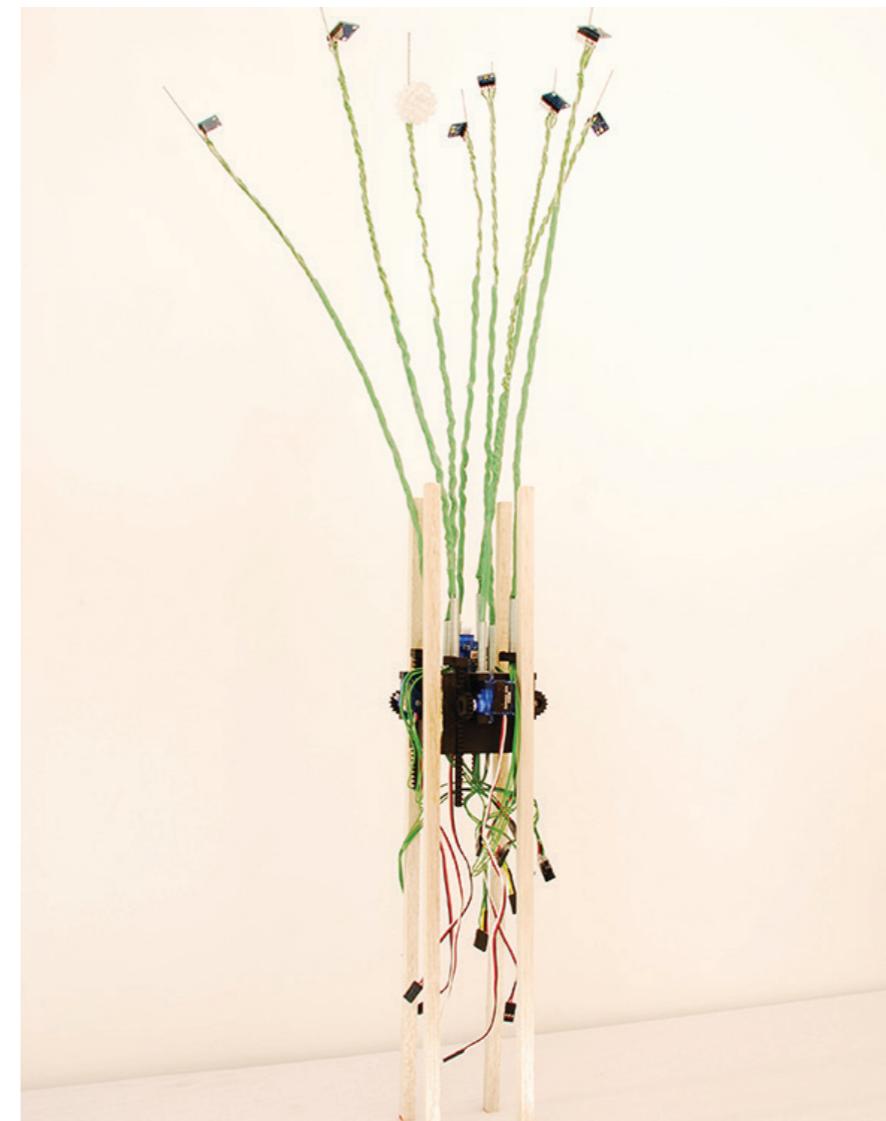


FIGURA 17

Registro da obra Knobby Clubbrush (2020)²⁴

24 Prêmio Pipa. Disponível em : <https://www.premiopipa.com/marilia-bergamo/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

sensores usando um acelerômetro, um giroscópio, um sensor de temperatura e um microfone. Esta parte sensível se comunica com a raiz, que é a parte ativa. Em Knobby Clubbrush as raízes não crescem, elas aumentam dinamicamente a capacidade do caule de se expor... Uma pequena mola acoplada a um conjunto de arranjos lineares impressos em 3D permite o movimento usando um motor servo. Este mecanismo expõe a mola a mais ou menos atividade e, como consequência, a haste sobe ou desce. Com a haste mais alta a mola fica mais sensível e exposta ao vento, caso contrário, tende a permanecer menos flexível. (BERGAMO, p. 103)

O projeto busca explorar conceitos de inteligência distribuída e bio-inspiração, simulando como as plantas processam informações e tomam decisões no ambiente natural.

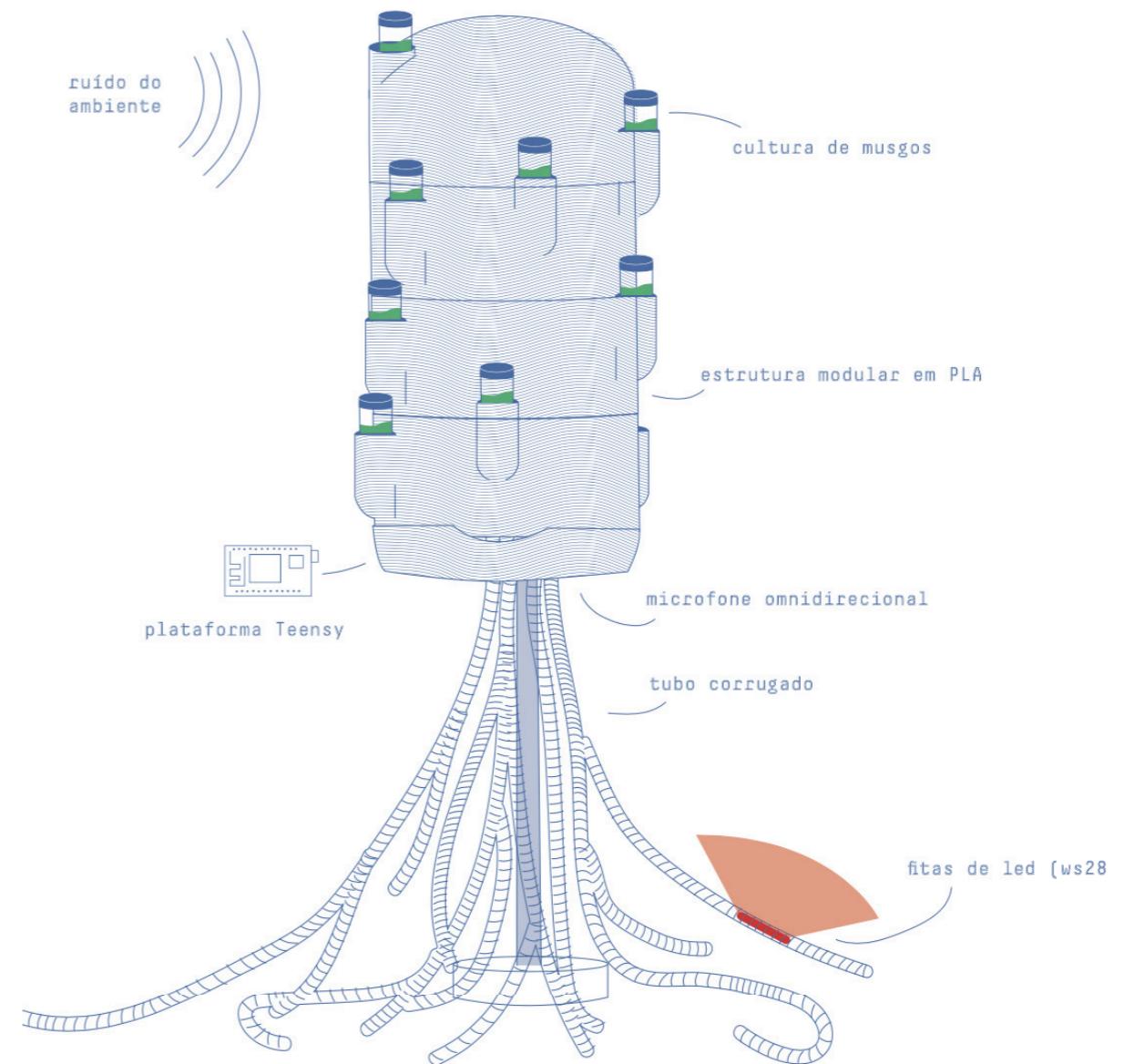
Em suma, fica evidente nos exemplos apresentados como o objeto técnico se abre ao ambiente externo, regulado pelas margens de indeterminação do objeto técnico, e se revela como um agente no processo inventivo. No contexto das artes, isso torna-se um duplo para os artistas, ao mesmo tempo que esses limites são desafiadores no processo de codificação das questões sensíveis e poéticas, o artista pode também operar sobre tais margens de indeterminação das máquinas, jogando com elas e enxergando nelas uma oportunidade poética.

Além disso, é importante notar que os sistemas técnicos, ainda que sensíveis às influências exógenas, por si só não se atualizam no sentido de uma dimensão afetiva e poética humana. Confiamos na hipótese de que a partir das possibilidades de agenciamento por parte do artista, na intenção de encontrar uma coesão entre os elementos e nos processos individuais e emergentes dos sistemas maquinícios, surge uma rede constituída pela evolução técnica da máquina, processos oriundos dos seus acoplamentos e questões subjetivas do artista e do observador.

Em uma experiência com a experiência, seja através da abertura da máquina

para os fenômenos naturais ou no acoplamento com outros organismos, o artista investiga como podemos nos relacionar com esses sistemas, de forma reticular, a partir da conexão e co-ação. Nessa perspectiva, o observador na condição também de participante, é afetado pelo sistema e o afeta por meio de suas próprias relações pré-concebidas com os elementos que constituem a proposição artística.

Nessa dinâmica, o trabalho artístico é entendido como contendo suas próprias individualidades e processos relacionais emergentes, nele o artista encontra uma forma de se comunicar consigo mesmo e com os receptores da obra, em um espelho que não apenas reflete, mas também refrata e processa sua relação com o mundo. O que é devolvido é o próprio artista e suas relações, transformadas e processadas. (ROKEBY, 1996)



2.3 MUS_GO

As obras que fazem interfaces com a ciência e tecnologia geralmente necessitam de um esforço coletivo e demandam de uma expertise transdisciplinar para desenvolvimento destes sistemas. À vista disso, é possível supor que ao trabalhar de forma coletiva e transdisciplinar para construção de um projeto poético, emerge uma complexidade nos diversos aspectos do trabalho, incluindo suas particularidades enquanto um sistema informacional, conforme mencionado na seção anterior.

Em uma breve análise destas produções contemporâneas, é possível afirmar que muitos destes trabalhos apresentam aspectos híbridos, tanto pelo hibridismo intrínseco aos sistemas computacionais quanto pela capacidade de se criar ambientes interconectados que mesclam sistemas orgânicos e artefatos, apoiados em modelos de complexidade oriundos dos organismos vivos.

Ao refletir sobre o processo criativo como algo orgânico e a obra de arte como um organismo que interage em uma espécie de hiper-rede, envolvendo aspectos telemáticos e sutis, o artista e pesquisador Guto Nóbrega (2018) destaca que os processos de invenção contemporâneos que se articulam em redes multidimensionais tecnológicas, demandam novos paradigmas epistemológicos e ecossistemas culturais que sejam próprios aos modos de criação, cultivo e conexão dos sistemas inventados e suas redes. Nesse sentido, Nóbrega destaca a importância dos conceitos de criar, cultivar e conectar na construção de sistemas e redes telemáticas, no contexto artístico.

Em paralelo, a arte contemporânea tem testemunhado uma mudança no papel do artista, que já não se concentra exclusivamente em sua auto expressão, mas busca incorporar não só sua subjetividade, mas também uma subjetividade coletiva, de grupos, sociedades e das partes envolvidas na criação da obra de arte. Como artistas que trabalham com tecnologias eletrônicas e computacionais, temos nos dedicado ao desenvolvimento de sistemas a partir de uma espécie de agenciamento compartilhado de energia e informação próprias das partes que compõem o trabalho de arte, em um processo de criar, cultivar e conectar ou



FIGURA 18

Fotografia obra Mus_Go na exposição EmMeio#14²⁵



FIGURA 19

Detalhe tecido vegetal na obra *Mus_Go*²⁶

rearranjar, conectar e propagar.

Este pensamento pressupõe um novo olhar para o ato de criação e atuação do artista, onde o artista é visto não como um criador, no sentido mais literal da palavra, mas atua como um maestro, orquestrando e agenciando os objetos técnicos e outras redes sensíveis. Tomando como base os pensamentos de Gilbert Simondon, podemos pensar que ao colocar o artista na função de agenciador de objetos técnicos, ele passa a ser um mediador em um processo permanente de coordenação e individuação com os organismos maquinícios e biológicos (SIMONDON, 2020). Nesse contexto, o artista produz junto aos objetos que operam com ele, e agencia aspectos sociais e técnicos articulados em uma espécie de memória materializada nos objetos e nos organismos (PACHECO,2021).

Nesse contexto, insere-se a produção do trabalho de arte *Mus_Go*, que foi concebido a partir das reflexões decorrentes da investigação sobre a produção artística. *Mus_Go* é um objeto interativo que compõem a investigação teórica-prática a respeito das questões relacionais entre humano, ambiente e outros seres . A obra parte das novas possibilidades de arranjos entre humanos, máquinas e musgos para fabular sobre um sistema de processamentos de estímulos exógenos e endógenos, a partir das relações entre maquinica e organismos dentro de uma perspectiva de rede.

O trabalho é um organismo híbrido que envolve máquinas, plantas e seres humanos, trabalhando em conjunto para permitir a emergência de um novo ecossistema. Permeado por uma colônia de musgos e um sistema computacional, a instalação luminosa interage com o público e com o espaço através de sensores e atuadores. O sistema é inspirado em um biorreator de imersão permanente, projetado computacionalmente e impresso em polímero de ácido poliláctico, a partir dessa estrutura são cultivados tecidos vegetais de musgos em frascos rodeados por raízes artificiais que emitem luz, isto é, tubos de plásticos semi translúcidos preenchidos por leds endereçáveis.

26 Fonte: Autor, 2021.



FIGURA 20

Fotografia obra Mus_Go em funcionamento na exposição EmMeio#14²⁷

Por meio de um software e hardware personalizado, o sistema capta o som do espaço externo ao objeto, processa esse registro sonoro em conjunto com biodados vindos das colônias de musgo para produzir uma resposta ao ambiente. Esses biodados são resultado de uma análise de contraste entre as amostras de musgos a partir de um sensor de colorimetria do tecido vegetal projetado especificamente para o projeto.

As raízes que compõem o organismo propagam luzes em forma de ondas, regidas pela frequência sonora captada no espaço. O sistema também produz uma resposta sônica dos dados exógenos e endógenos da máquina e do organismo, mediante um circuito de captura e geração de ondas sonoras. Toda parte de hardware da máquina é gerenciada por microcontroladores embarcados em uma plataforma Arduino e fica visível ao público através de uma cúpula translúcida de acrílico.

A estrutura inspirada em biorreator de imersão permanente suporta o cultivo dos musgos no sistema. Nesse processo de cultivo in vitro o tecido é submerso a um meio líquido nutritivo específico para essa cultura, a aeração e a agitação do meio é realizada através do uso de um mini compressor de ar. Os frascos os quais são cultivados os musgos levam uma marcação por tags, contendo a localização em latitude e longitude onde o tecido foi coletado.

Os musgos utilizados para o projeto são selecionados cuidadosamente, levando em consideração sua origem e a relação afetiva que as pessoas envolvidas têm com as paisagens de onde são coletados. Essas paisagens variam de matas densas até áreas urbanas, e cada musgo capturado carrega consigo uma espécie de memórias desses lugares.

A escolha do uso de musgos no projeto se deu pelo o fato desta categoria de plantas briófitas atuarem como bioindicadoras ambientais, além de absorverem nutrientes de célula à célula ainda podem absorver algumas partículas e contaminantes presentes na paisagem, segundo a bióloga e pesquisadora Carla Pereira (2019) esse fator os habilita para serem utilizados em estudos de

27 Fonte: Autor, 2021.

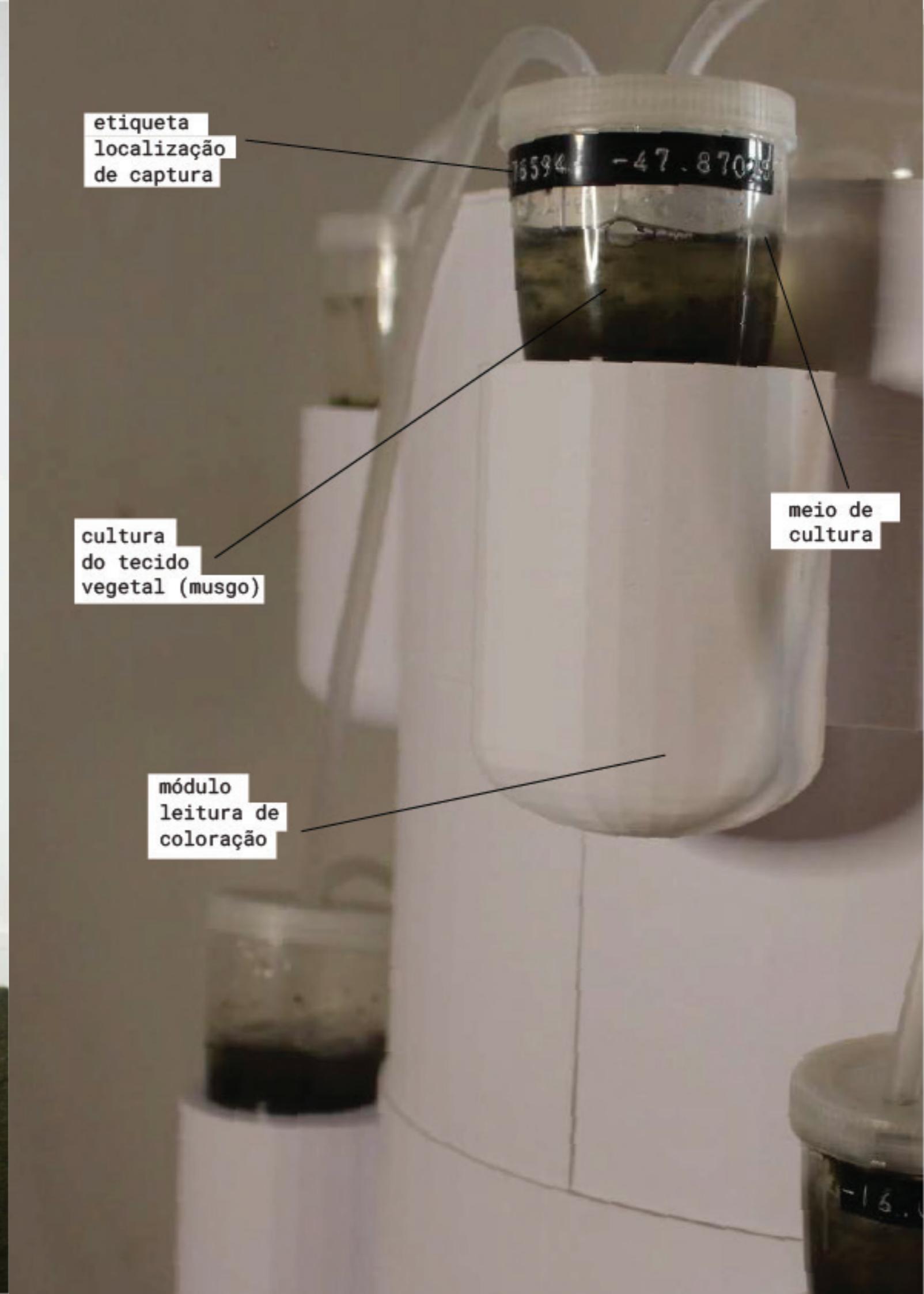
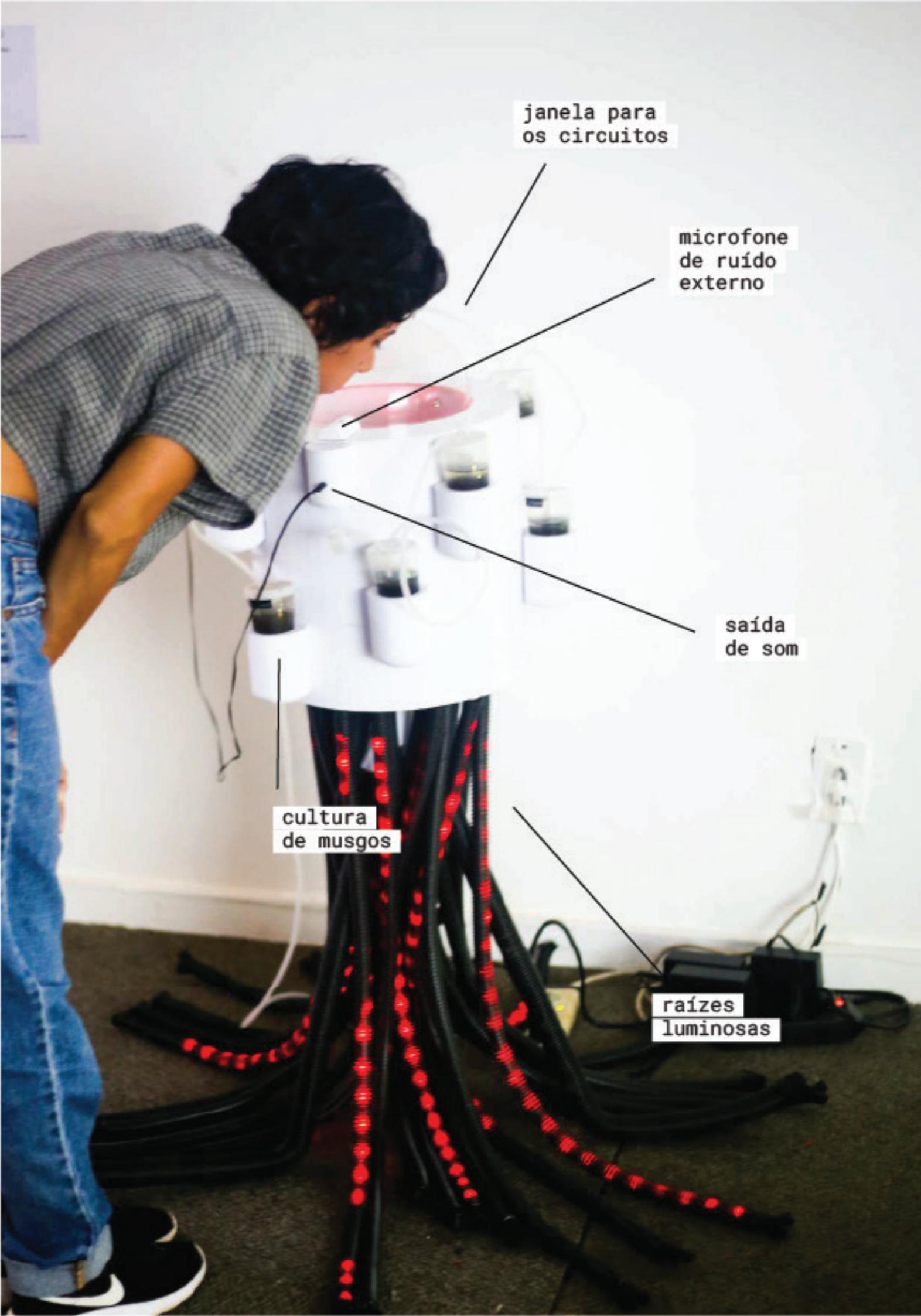
mudanças climáticas por exemplo.

Acreditamos que este trabalho poético, em um sentido conceitual, busca escapar da mera funcionalidade imposta aos artefatos tecnológicos e investe em explorar o potencial das tecnologias computacionais para propor novos modos de relação entre o ser humano, a máquina e a planta. A proposição em questão se alinha a uma discussão mais ampla, que transcende as questões individuais do artista, em favor da reflexão sobre a relação entre tecnologia e natureza e a extensão dos valores éticos e estéticos para além do mundo humano.

Diante das questões apresentadas e da prática envolvida no processo de concepção do sistema, presumimos que, através da aproximação entre máquina e organismo vivo, o artista atua como um agenciador dos objetos e organismos que compõem a obra de arte, assim como os demais agentes envolvidos no processo de criação. Durante todo o processo, estivemos sujeitos a um diagrama de forças próprio, oriundo dos elementos que compõem o sistema poético e orienta a produção artística.

A partir da perspectiva de criação do trabalho *Mus_Go*, e considerando as conexões com outros trabalhos artísticos e teóricos, é possível inferir que a proposição de um objeto híbrido entre organismos das mais variadas ordens, emerge uma propagação e cruzamento de informações, as quais não se resume a um processo somente de justaposição de sensorialidades a partir da obra e ambiente, mas tem origem na mediação em uma percepção atrelada às condições vivas de outros organismos, o qual acreditamos ser capaz de produzir uma sensação estética, não recorrendo somente a recepção do impacto sensorial desse sistema no espaço expositivo, mas suscitando uma sensibilidade dos envolvidos no projeto e do público de se entender como parte deste sistema.

**SISTEMA
<MUS_GO >**



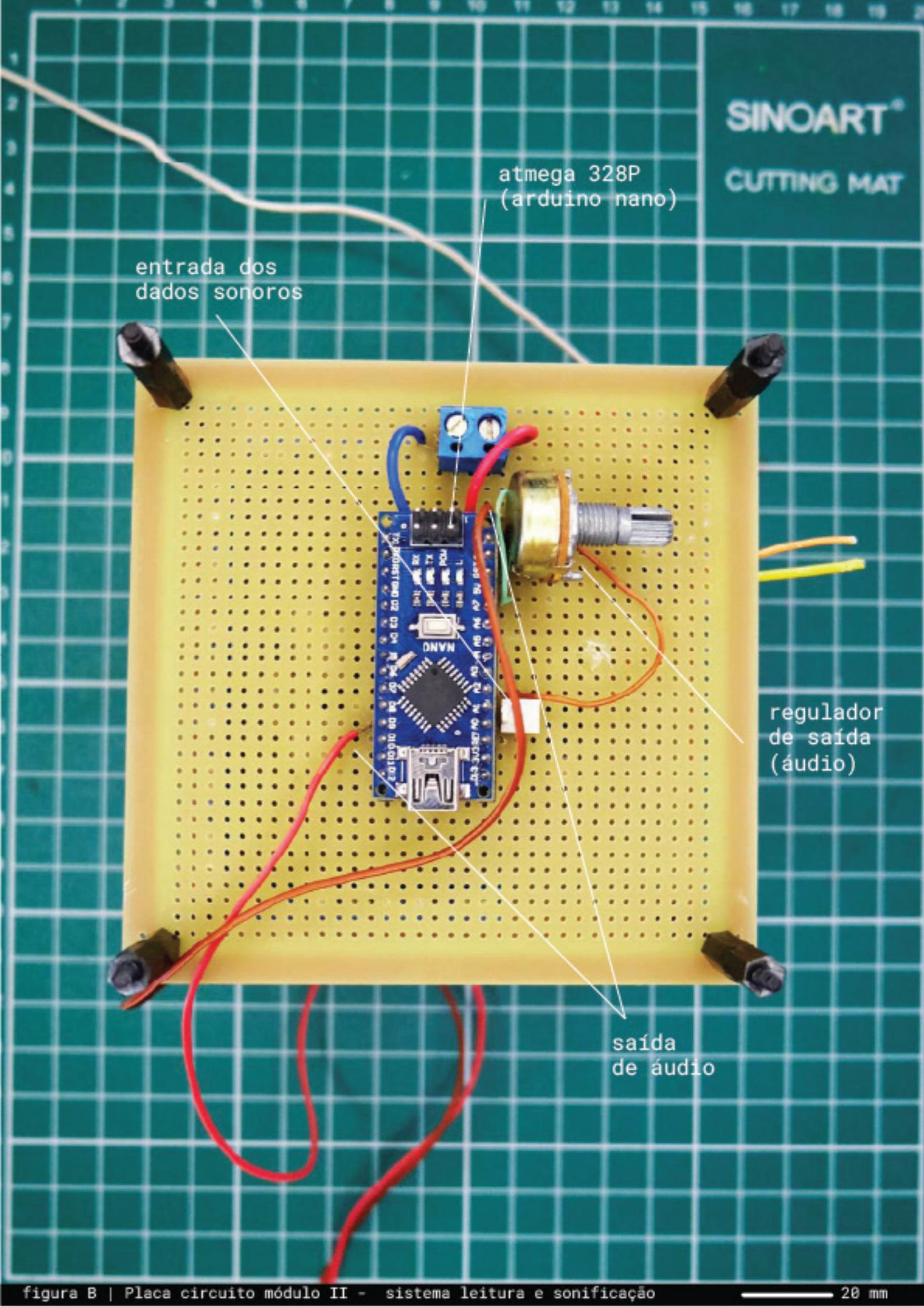
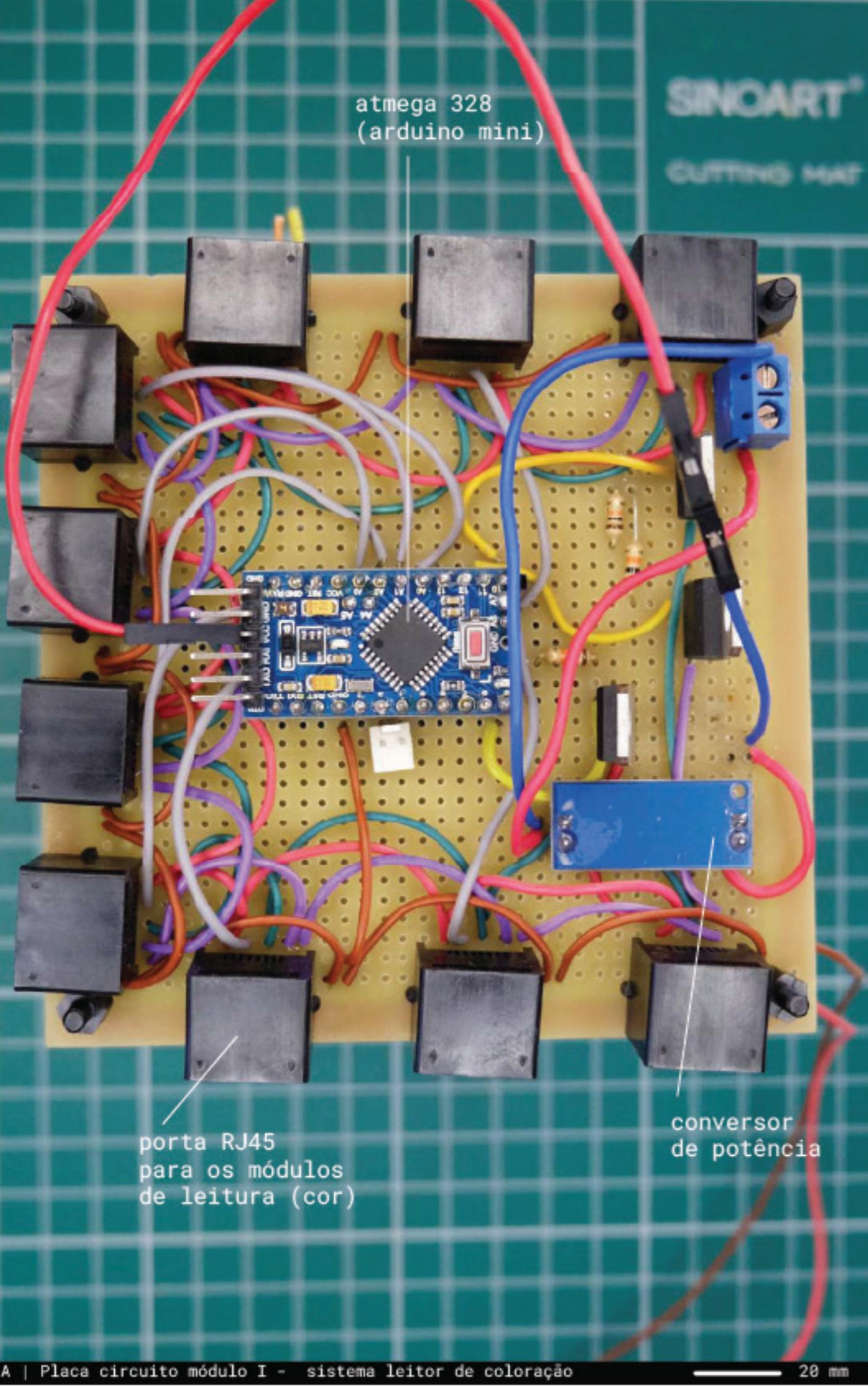


figura A | Placa circuito módulo I - sistema leitor de coloração

20 mm

figura B | Placa circuito módulo II - sistema leitura e sonificação

20 mm

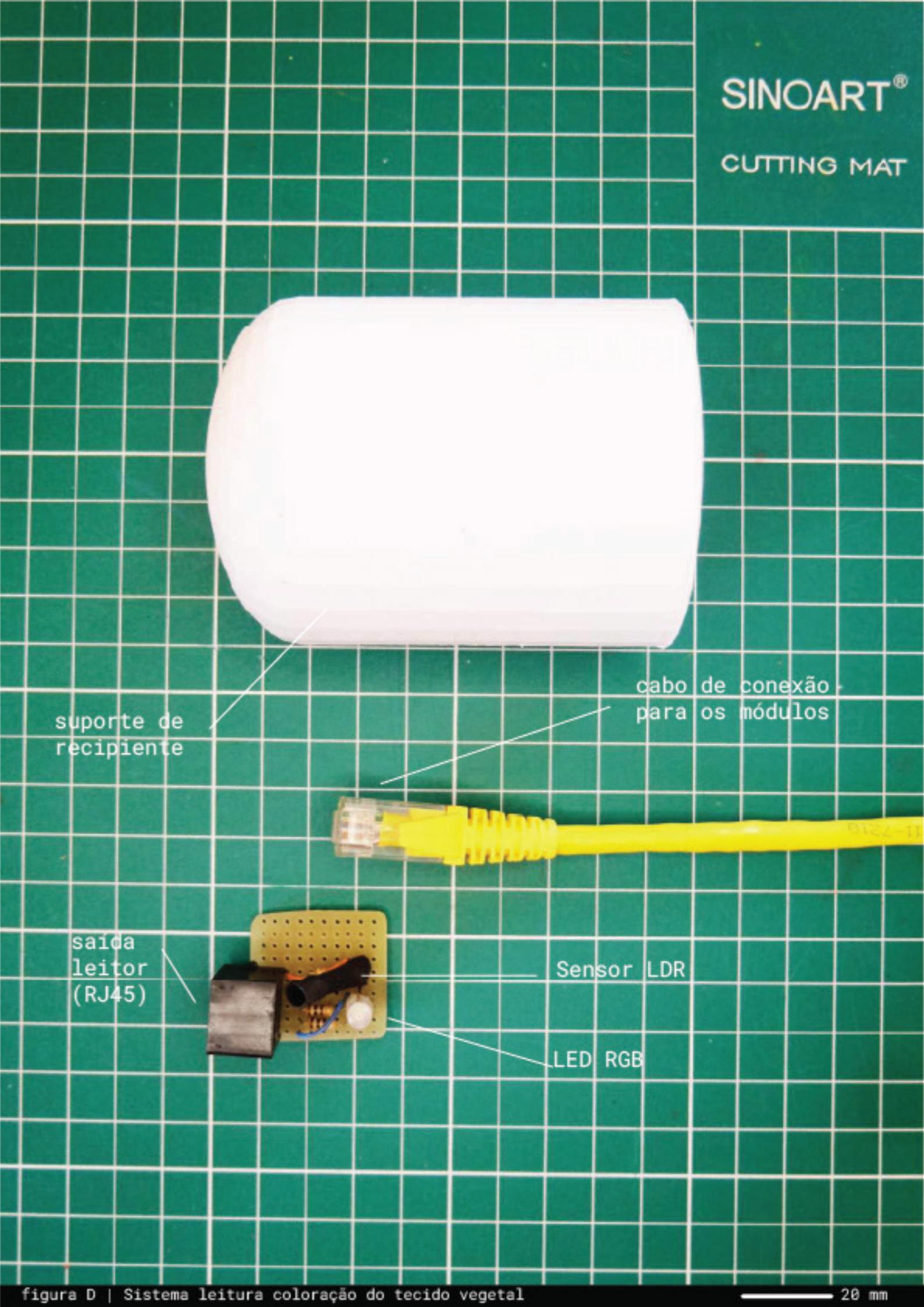
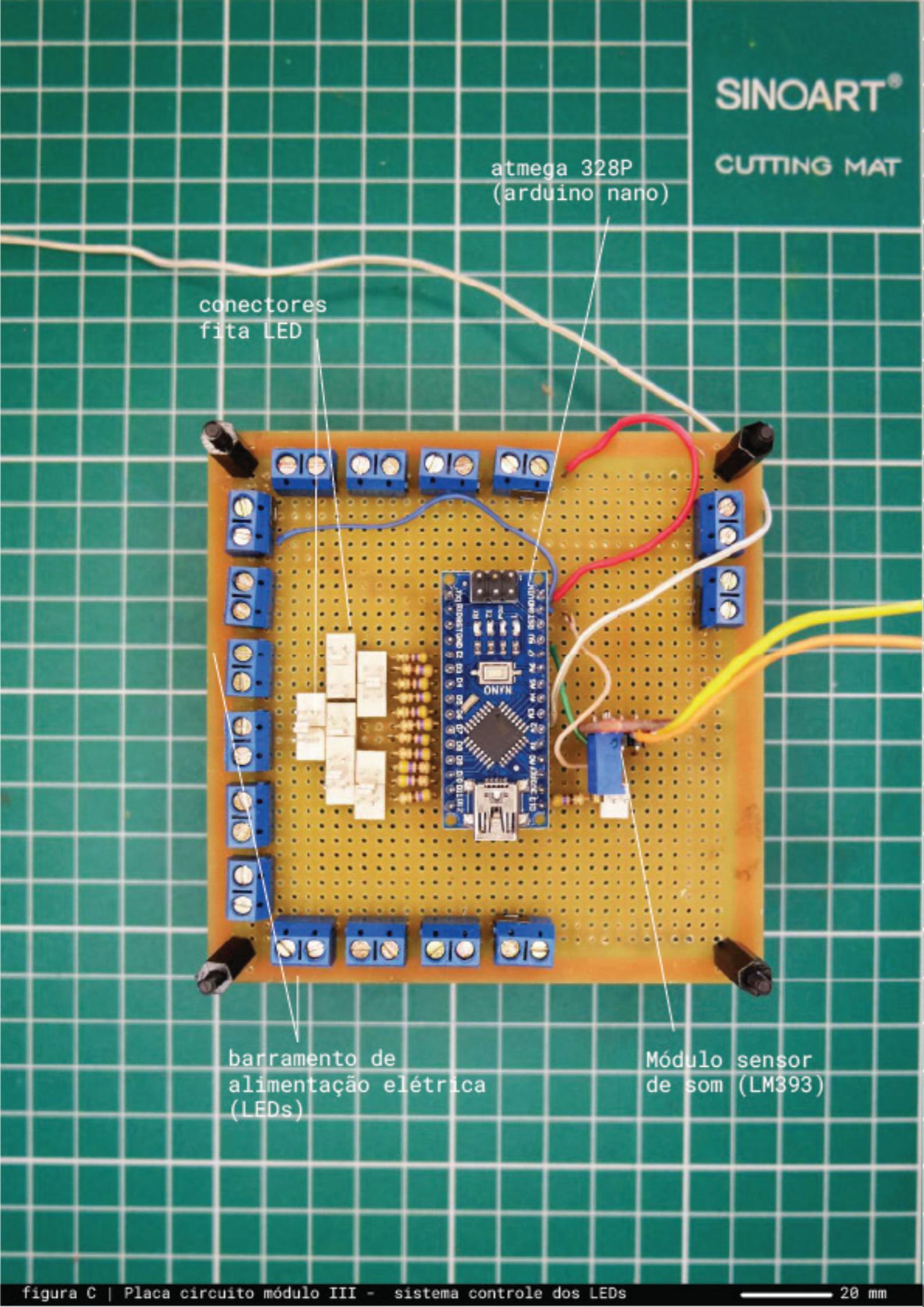
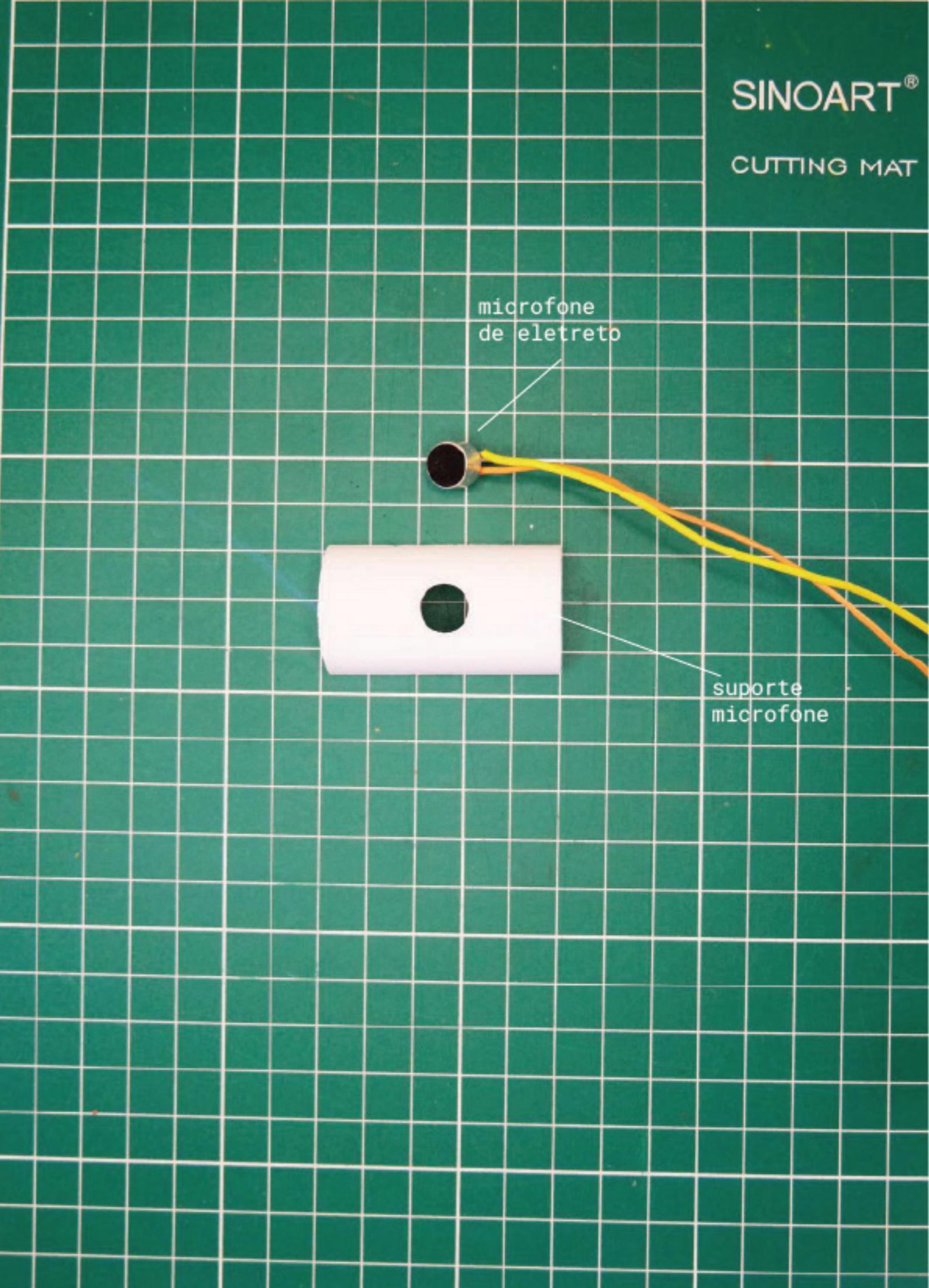
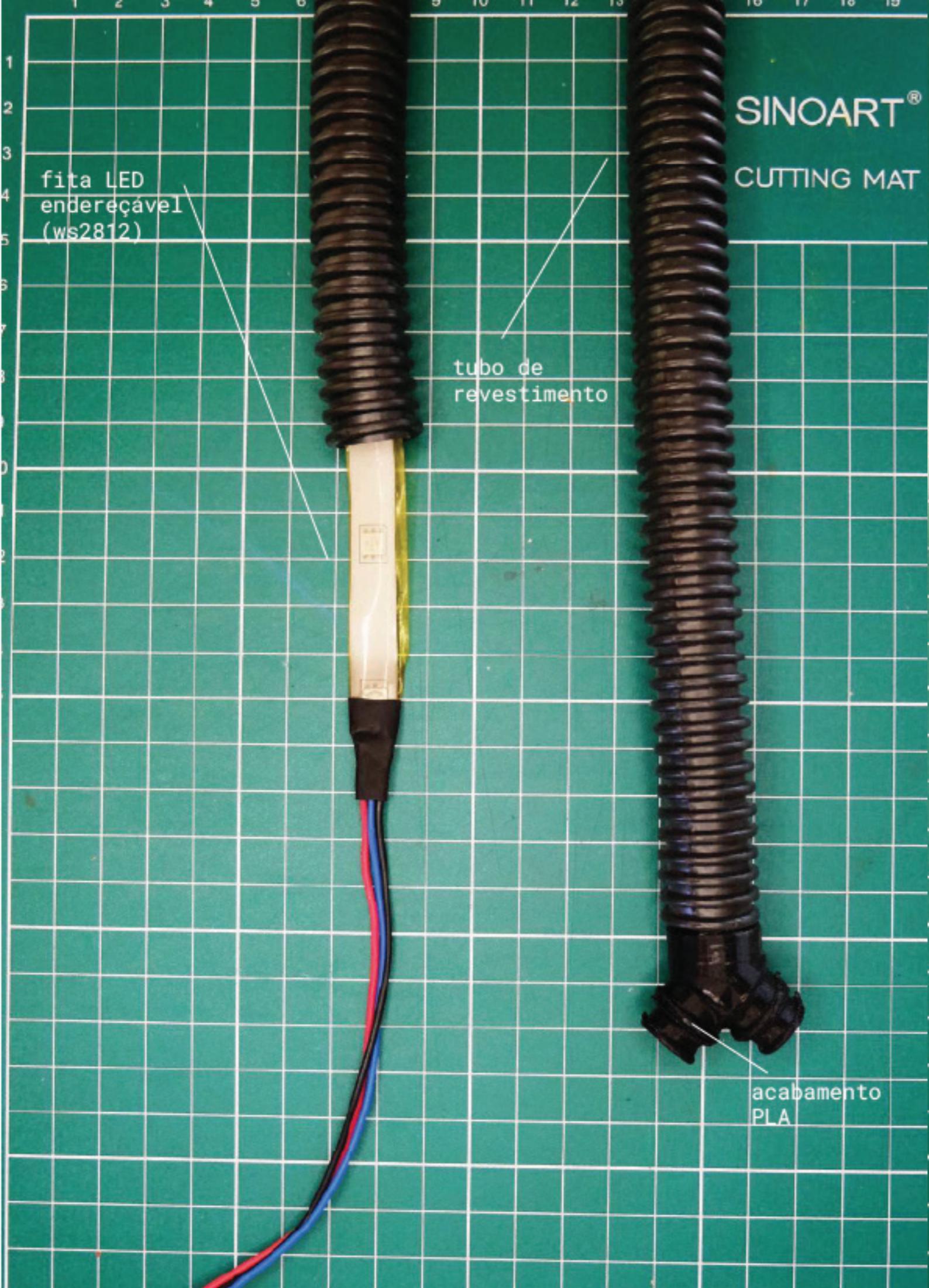


figura C | Placa circuito módulo III - sistema controle dos LEDs

20 mm

figura D | Sistema leitura coloração do tecido vegetal

20 mm



SEÇÃO 3 | O ARTISTA CULTIVADOR : MÉTODOS E AGENCIAMENTOS



Com base nos trabalhos apresentados aqui, podemos perceber de forma mais nítida, que os experimentos artísticos realizados no contexto desta pesquisa, têm se direcionado a um discurso mais amplo, no qual o conceito de tecnologia não é pensado puramente no contexto utilitário ou no domínio da prótese. Mas sob uma perspectiva sensível ao diálogo, construir e aprender em meio aos agenciamentos entre os elementos maquinícios e seus possíveis acoplamentos .

Ao refletir sobre os procedimentos metodológicos desta pesquisa, observamos que há aqui uma constante busca em inverter essa direcionalidade comum em tratar as tecnologias como opostas à natureza e empenho em especular como a partir das fabulações da arte podemos pensar outras formas de agenciamentos, reconfigurando e percebendo as tecnologias como um dos estados possíveis das coisas nas instâncias naturais do mundo.

Em especial, podemos observar em trabalhos que utilizam recursos computacionais para produção artística, além de sua própria materialidade ser uma via privilegiada para a explicitação de uma crítica reflexiva sobre as práticas ligadas a tecnologias, há também uma maior nitidez sobre os potenciais do objeto técnico que se atualiza, nem sempre em um mesmo sentido da intencionalidade do artista (REIS, 2020).

No processo de criação da obra de arte, do ponto de vista tanto formal quanto conceitual, é importante que o artista, em primeira instância, materialize as discussões conceituais e sensíveis que emergem de sua subjetividade e de suas visões de mundo. Contudo, durante o percurso de materialização, os materiais e ferramentas que dão forma ao trabalho apresentam certas tendências técnicas que se impõem. Nos trabalhos que possuem uma base tecnológica computacional, podemos tomar como exemplo as arquiteturas de hardware e os modelos de algoritmos, que são baseados em linguagens e paradigmas de pensamento desenvolvidos por terceiros e incorporam valores, sistemas éticos e estéticos de um indivíduo ou grupo em um contexto sociotécnico, os quais

3.1 O ARTISTA COMO REGULADOR DAS MARGENS DE INDETERMINAÇÃO

ultrapassam as fronteiras espaço-temporais, conforme já explicitado na Seção 2.

Essa perspectiva coloca o artista em um local, que se distancia da figura do “criador” tradicional e assume o papel de mediador, regulador das “margens de indeterminação” do objeto técnico. Essa visão se intensifica quando incorporamos os possíveis acoplamentos entre as máquinas e organismos vivos a essa equação, onde as camadas de significação desses organismos também passam a constituir o próprio objeto artístico.

À luz do pensamento do filósofo Simondon, podemos compreender essa complexa e reticular relação que configura o objeto artístico, como uma relação entre o objeto técnico e o meio associado, uma vez que o trabalho artístico é modulado por vetores vinculados ao meio geográfico e técnico, simultaneamente singulares e interconectados, repletos de dinâmicas energéticas e diferenciações. Em uma relação em que o objeto técnico é formado pelo meio e, simultaneamente, o meio o forma. Simondon, no contexto do processo de individuação, sugere a ideia de que todo meio é criado simultaneamente ao indivíduo. (SIMONDON, 2020, p. 55)

Simondon entende o meio como o ambiente específico que interage e coevolui com um indivíduo ou objeto técnico durante seu processo de individuação. Diferentemente de uma visão onde o meio é apenas um cenário passivo, Simondon considera que o meio é criado simultaneamente ao indivíduo, estabelecendo uma relação dinâmica e recíproca. Para isso, ele denomina esse ambiente de “meio associado”.

Em sua teoria da evolução dos objetos técnicos, o meio associado constitui o complexo formado pelo ambiente geográfico circundante e os componentes técnicos que, acoplados de maneira coerente e indivisível, asseguram seu funcionamento, formando um nicho com o qual a tecnologia mantém uma interação causal contínua. Assim, o meio associado não é apenas o contexto onde o indivíduo ou objeto existe, mas uma parte integrante e ativa do processo de individuação, influenciando e sendo influenciado por ele. (ANDRADE, 2001)

No contexto artístico, essa perspectiva é preponderante. A pesquisadora e artista Andreia Machado Oliveira comenta:

O conceito simondoniano de meio associado é caro para a Arte, uma vez que aporta um pensamento processual da obra em constante fazerse com o meio em que se associa. Ressalta-se a importância de se considerar que há meios associados que abrigam obras e espectadores, os produzindo e sendo produzidos por eles. (OLIVEIRA, 2012, p. 108)

Acreditamos que essa relação recursiva entre indivíduo e meio, canalizada no objeto técnico entre a tensão do humano e da técnica, herda a contribuição de seus agentes e é constantemente atualizada, sendo capaz de mediar a interação entre indivíduos, organismos e o meio, em um movimento que ultrapassa a linearidade temporal.

Uma imagem para elucidar esse processo é a ideia de transdução trabalhada por Gilbert Simondon em seu modelo informacional tecnológico. O conceito, emprestado do campo da física, refere-se à possibilidade de uma reação em cadeia que se propaga gradualmente, a partir de uma estrutura inicial que pode ser mais ou menos limitante. (SIMONDON, 1962)

Nesse processo, a informação ganha força de propagação por meio da troca de energia e informação com outros elementos, recrutando progressivamente a energia potencial das partes constituintes do sistema. Essas partes, por sua vez, carregam suas próprias dinâmicas de informação e podem ser perturbadas por processos não intencionais, aleatórios, entendido em um processo comunicacional como ruídos. (Ibid.)

Para Simondon a transdução é um processo fundamental na natureza e na cultura, em que as estruturas são geradas a partir de um fluxo contínuo de transformação. Ele vê a transdução como um processo de individuação, no qual um sistema se torna mais complexo e diferenciado ao longo do tempo, através da incorporação de novas estruturas e funções.

Simondon propõe uma analogia da floresta em chamas para facilitar a compreensão deste conceito. O autor relata que:

Assim, um fogo na floresta se propaga transdutivamente, mesmo se cada árvore queimada emita ao seu redor pinhas e faíscas que vão comunicar o fogo às árvores vizinhas: é preciso que a árvore em chamas tenha mudado de estado, tenha entrado em combustão com o ar ambiente, para emitir assim os elementos que transportam o fogo adiante; e é preciso que esses elementos transmitidos sejam recebidos pelas outras árvores em estado metaestável (secas, arejadas), para que a operação transdutiva continue; as transmissões intermediárias entre os elementos transdutivos, mudando de estado, autorizam, apenas, uma maior distância entre elementos; eles podem também, se acumularem energia, causar um atraso na propagação, conservando mesmo assim o esquema fundamental da amplificação transdutiva (SIMONDON, 1962, p. 287)

Tratando do trabalho artístico, podemos entender seu processo de invenção como transdutivo em ambas as fases de seu ecossistema, desde o desenvolvimento até a apreciação por parte do público, especialmente nesses trabalhos que envolvem tecnologias eletrônicas, computacionais e interativas, os quais comumente são sistemas abertos em um estado metaestável, com potencial de atualização a partir da interação.

Sobre esses trabalhos, Guto Nóbrega aponta que, em um sistema aberto, os processos que antes se apresentavam como “estáticos” se tornam metaestáveis, possuindo a possibilidade de se configurarem como um sistema autorregulador. Isso confere a eles uma certa autonomia para “desencadear” e “catalizar” ações em um contexto de adaptabilidade. Em um estado de metaestabilidade, a obra de arte possui um potencial transformador (NÓBREGA, 2023). Em outras palavras, como pontuado por Simondon, nesse tipo de sistema é preciso que os elementos

transmitidos sejam recebidos pelo outro indivíduo em estado metaestável para que a operação transdutiva continue. Em relação a essa capacidade do sistema incorporar novas estruturas e funções, Nóbrega destaca que:

É a capacidade do trabalho de arte de se transformar no tempo e de responder adequadamente às mudanças em seu meio que traz à atenção do novo fenômeno, o de um diálogo bidirecional com o sistema e a abertura para interferir em sua composição estrutural. (NOBREGA, 2023, p. 96)

A partir desse princípio e considerando a prática artística explorada nesta pesquisa, que envolve os dinamismos dos sistemas computacionais entendidos como sistemas abertos — caracterizados pela sua capacidade de interação e transformação contínua — em interface com organismos vivos, observa-se um fluxo de informações mediado por um sistema de transdução a partir de estados metaestáveis. Esse fluxo é reverberado e refratado em um processo que integra questões intrínsecas aos artefatos tecnológicos, aos organismos vivos e às subjetividades tanto do artista quanto do observador.

Esse diálogo bidirecional é ampliado quando consideramos sistemas computacionais não determinísticos, especialmente aqueles que utilizam algoritmos dependentes de interações exógenas ao sistema maquínico. Em particular, destacam-se os sistemas capazes de interagir com organismos vivos, incluindo organismos não humanos, por meio de uma relação regulada pelas margens de indeterminação inerentes ao objeto técnico. Essa característica permite uma oscilação na estabilidade rígida, típica dos sistemas maquínicos, aproximando-os dos organismos.

Nessa perspectiva, o artista pode ser compreendido não como um mero inventor, mas como um facilitador que cria, cultiva e conecta — um cultivador, agenciador de múltiplos agentes, tal como em um processo de cultivo (no sentido etimológico do termo cultura). (NÓBREGA E CABRAL, 2023).

Em certa medida, acreditamos ser comparável com um processo de cultivo de um jardim, um espaço de cultivo circunscrito que abriga a existência consorciada

de organismos, em meio a uma relação de fluxos contínuos de energia e matéria, que não se encerra na esfera. Sobre o ofício do jardineiro, o escritor francês e também jardineiro, Gilles Clément, em seu texto "O jardim Como Índice Planetário" comenta que na prática do jardineiro, quem semeia e trata o jardim, reside, em primeiro lugar, a observação atenta das estratégias de sobrevivência específicas e "codivididas" pelos seres que o habitam. Mesmo com uma intenção de natureza antrópica, existem fatores que escapam ao controle e até mesmo à compreensão daqueles que os fizeram "nascer". Ainda em sua etapa de exibição, permanecem sob a vigilância dos jardineiros, que estão alertas e conscientes sobre o conteúdo de sua mensagem. Trata-se de um jogo entre movimentos contrários e a favor das agências que dão 'vida' ao jardim, que se diversifica e, no fim, nesse processo tradutivo ainda se apresenta como algo não totalmente conhecido pelo jardineiro. Clément adverte:

... apesar de todas as necessidades de conhecimento, nós não devemos esquecer – nós, profissionais – que a paisagem é também o que não conhecemos. (CABRAL; CLÉMENT, 2023, p. 5)

É importante ressaltar que, nesse processo, assim como o jardineiro que, por meio de sua prática, cria uma nova relação com as formas de vida no espaço delimitado dos jardins e com a paisagem, o artista também estabelece uma nova relação com a máquina e com o meio no processo de criação e desenvolvimento do trabalho artístico. Nessa perspectiva, o artista se envolve em uma relação ética e estética, lidando de forma íntima e sensível com o maquinário e seus acoplamentos.

Em uma carta para Jacques Derrida (1992), Simondon, em um exercício de pensar uma fundação ou um axioma da tecno-estética, aborda uma questão que pode nos ajudar a refletir sobre essa relação, mesmo sem se referir diretamente ao uso dos aparatos técnicos pelos artistas na contemporaneidade. Na carta, Simondon discute a perfeição da funcionalidade do objeto técnico, simultaneamente técnica e estética: 'estética porque técnica e técnica porque

estética', alcançada pelo manejo e exame da ferramenta, que se aproxima do prazer sensório-motor, baseada em uma relação sensível e íntima com o objeto-técnico. Simondon exemplifica:

Um ciclista precisa de chaves escalonadas, aproximadamente, de 8 a 20 mm. Por causa do peso, ele não pode carregar 8 chaves modelo chave-cachimbo ou chave chata. Mas existe precisamente um modelo de chave única com 8 diâmetros diferentes: ela é feita de duas cabeças perfuradas, cada uma com 4 buracos hexagonais; as duas cabeças são ligadas por uma barra retilínea com nervuras longitudinais que aumentam a resistência à torção. A ferramenta mede de 10 a 12 cm de comprimento: cabe perfeitamente numa sacola. O que é admirável é que a existência de duas cabeças permite que ela seja facilmente empunhada. A cabeça que não está em uso na porca é colocada na mão fechada; uma barra única causaria dor: a cabeça não usada é como um cabo contraído e resistente. E o conjunto é um belo objeto que pesa aproximadamente cem gramas. Esta ferramenta atende bem às suas atribuições. Executada em bronze, ela oferece uma fruição estética ao ser contemplada. (1992)

Esse deleite estético não se restringe ao ato contemplativo, mas também se manifesta no agenciamento dos objetos técnicos e no contato com a matéria enquanto é trabalhada. A arte não se limita à mera contemplação do objeto, abrange também uma forma de ação em sua materialização. Refletindo sobre a atuação do artista, Simondon afirma:

O artista pintor sente a viscosidade da tinta que ele mistura na sua paleta ou estende sobre a tela; esta tinta é mais ou menos untuosa e a sensibilidade tátil vibratória entra em jogo para o ator que é o artista, particularmente quando o pincel, a broxa ou a faca entram em contato com a tela, esticada no quadro e elástica(*Ibid.*)

É importante ressaltar que, dentro dessa perspectiva tecno-estética, a funcionalidade não ocupa a posição de primazia. A abordagem técnica, quando analisada estritamente sob o prisma da funcionalidade, tende a ser redutiva. A emergência desse aspecto, que possibilita um olhar contemplativo, torna-se viável por meio do desvio de sua função original do objeto, mantendo uma margem de liberdade que permite que o objeto seja utilizado para finalidades não previstas, o que vai contra uma lógica de automatismo. Em uma estrutura recursiva, onde os componentes possuem normas próprias, o composto também as possui, sendo constituído por outros componentes em um conjunto atuante de forças.

Adicionalmente, essa sensibilidade estética pode ser incorporada na construção de máquinas, inclusive promovendo um acoplamento coerente com o ambiente e os organismos. Simondon elucida essa questão por meio da cena de interferência dos relâmpagos, que seguem apenas caminhos previamente percorridos, mas podem ser ouvidos em uma antena. Nesse contexto, a antena se torna capaz de detectar fenômenos sutis, mas determinantes, que escapam à percepção comum humana. Nesse caso, a eletricidade, portanto, não é um objeto em si; entretanto, ela pode se tornar uma fonte de *aisthesis* quando mediada por um instrumento. (ibid.)

Essa sensibilidade propõe uma relação de análise, íntima e sensível com o objeto técnico, buscando abri-lo para a interação com outros sistemas, tornando-o mais adaptável à realidade cultural. Isso não significa que o artista necessite necessariamente possuir um conhecimento técnico profundo sobre o maquinário, a instrumentalização e a análise da ferramenta, juntamente com uma proximidade com o objeto técnico, permitem ao artista gerenciar as tensões próprias da materialidade do trabalho de arte.

Essa percepção não se limita apenas ao campo das tecnologias computacionais. Em uma prática de entalhe em madeira, por exemplo, lida-se com a imposição da matéria ao esculpir, considerando sua resistência, o sentido das fibras e as

próprias limitações da ferramenta utilizada.

Tratando-se de tecnologias computacionais, essa resistência e potência se manifestam no campo da linguagem e em uma dimensão simbólica. Quanto mais abertas, essas tecnologias se disponibilizam a uma pluralidade de funcionalidades, que, somadas à prática projetual do design, à experimentação estética e à dimensão poética e util das artes, se afastam do automatismo. Para Simondon, esse automatismo, associado à obsolescência técnica, resulta na perda de toda a construção técnica, podendo ser entendido como uma forma de alienação técnica.

A superação dessa alienação, que se torna cada vez mais urgente na contemporaneidade devido à finitude dos recursos, desafia a sociedade a adotar uma abordagem plural de funcionalidade. A abordagem do hackeamento e da gambiarra insere-se nesse contexto, e, em nossa perspectiva, a prática artística desempenha também um papel crucial nesse sentido, ao transgredir a funcionalidade, a o trabalho de arte possui a potência de, como definiu Simondon, 'salvar o objeto técnico'. (SIMONDON, 1983)

Nesse sentido, a tecnologia, apesar de ter sido utilizada historicamente para atender a uma demanda produtiva, observa-se, na contemporaneidade, artistas que buscam estimular uma discussão crítica sobre as forças ambíguas exercidas por ela a partir de seus trabalhos poéticos, inclusive na sua materialidade.

Ainda a respeito do desvio de funcionalidade do objeto técnico pelo artista, um caso que se destaca para reflexão e que transcende o uso de tecnologias computacionais é a obra *Breathing* (2008), de Guto Nóbrega. A respeito desse trabalho, Nóbrega descreve:

Um trabalho com base numa criatura híbrida feita da comunicação entre um organismo vivo e um sistema artificial. A criatura responde ao seu ambiente através de movimentos, luzes e ruídos. O ato de respirar é a melhor maneira de interagir com a criatura. Este trabalho é o resultado de uma investigação sobre plantas

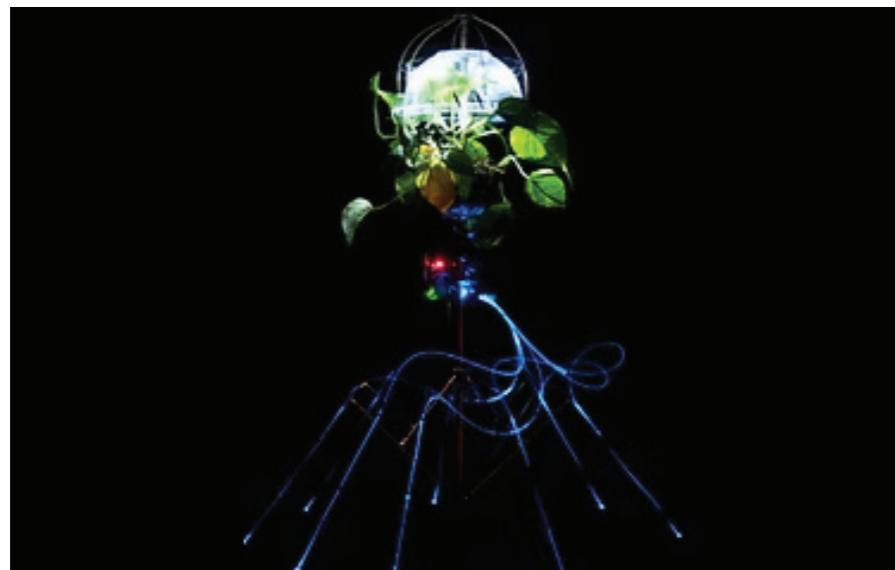


FIGURA 21

Registro do trabalho Breathing (2020)²⁸

como agentes sensíveis na criação de arte. A intenção desta obra é explorar novas formas de experiência artística através do diálogo entre processos naturais e artificiais. Breathing é um pré-requisito à vida e é o caminho que interliga o observador à criatura. Breathing é um trabalho de arte movido por um impulso biológico. Sua beleza não é revelada na planta ou na estrutura robótica. Essa emerge no exato momento em que o observador e criatura trocam suas energia através do sistema. É durante esse momento lúdico, no qual nos encontramos num estranho diálogo com a criatura, que a metáfora da vida é criada. Breathing é a celebração deste momento (NÓBREGA, 2008).

Entre os diversos aspectos que podem ser comentados sobre a obra, destaca-se especialmente sua relação sólida com a dimensão teórica, incluindo as relações de hibridismo em seu aspecto formal. Mas há uma relação tecno-estética que se revela por meio de uma interação atenta, sensível e íntima com os componentes técnicos durante o processo de criação da obra. O artista emprega a estrutura de um guarda-chuva como uma solução construtiva, que se repete em outras obras, conferindo um novo sentido à finalidade desse objeto técnico de maneira consistente e coerente.

A estrutura metálica do guarda-chuva, em uma transgressão da sua finalidade, carrega, por meio de seu processo transdutivo, uma configuração que, de certa maneira, compõem a “morfogênese” deste trabalho artístico, tanto no que se refere à forma quanto à dimensão cinética, ele incorpora formalmente registros de transmissões intermediárias entre os elementos constitutivos desse objeto durante todo o seu processo de individuação.

Diante desses aspectos, temos confiado que a complexidade dos sistemas maquinícios somados a dinâmica própria dos sistemas vivos proporciona um suporte para a construção de estruturas metaestáveis, as quais permitem a ampliação da abertura do objeto arte, permitindo que ele responda e se ajuste

28 Guto Nóbrega. Disponível em : <https://www.gutonobregart.work/breathing>. Acesso em: 20 fev. 2025

às condições do meio, tanto em um sentido tecnológico quanto cultural. Essa dinâmica parece ter um potencial significativo de afetar o artista durante o processo de invenção e o público por meio da interação com a obra.

Para dar conta desses entendimentos, propomos o neologismo “maquinário_b10sensível”. Nesse sentido, o “maquinário_b10sensível” não se refere a uma classificação de obras artísticas, mas a uma perspectiva para observar um determinado conjunto de trabalhos, referente ao processo de agenciamento dos componentes de um sistema por parte do artista, utilizando as possibilidades de acoplamento de sistemas maquinícios computacionais e organismos vivos, seja através da mimese ou da integração sistêmica desses elementos, da qual emergirá uma experiência de ordem poética e sensível, que considera a relação conexão e a co-ação em uma rede técnica, orgânica e sutil, que incorpora as dinâmicas dos objetos técnicos e o meio-associado, os modos coerentes dos organismos vivos, além das questões subjetivas e as visões de mundo tanto do artista quanto do observador.

3.2 SENSIBILIDADE E OS ACOPLAMENTOS ENTRE ORGANISMO E MÁQUINAS

A relação entre humanidade e tecnologia tem sido objeto de reflexão de diversos filósofos contemporâneos, com destaque para as contribuições de Bernard Stiegler e Yuk Hui.

O filósofo francês Stiegler argumenta que os artefatos técnicos não são meramente instrumentos utilizados pelos seres humanos. Segundo o Bernard, existe uma relação constitutiva entre humano e técnica, na qual os dispositivos tecnológicos não apenas mediam nossas ações, mas também transformam e moldam nossa própria natureza, estabelecendo um sistema de acoplamento entre o humano e os objetos técnicos. (PACHECO, 2021).

Em diálogo complementar com essa perspectiva, o filósofo chinês Yuk Hui desenvolve uma compreensão da técnica que também vai além da noção de ferramenta, entendendo-a como uma expressão cultural e filosófica que reflete a interação entre a humanidade e o cosmos. Hui (2016, p. 29-33) elabora o conceito de "cosmotécnica", fundamentado no pensamento tradicional chinês, para descrever a união entre a ordem cósmica (*dào*) e as ferramentas (*qi*) em uma determinada tradição cultural. Esta abordagem enfatiza que a tecnologia deve ser compreendida dentro do contexto cultural e filosófico específico em que se desenvolve, contrastando com a visão ocidental que frequentemente trata a tecnologia como um fenômeno universal e autônomo. Assim, Hui propõe que cada cultura desenvolve suas próprias formas de tecnologia, profundamente influenciadas por suas crenças, valores e práticas, estabelecendo uma harmonia particular entre a técnica e a ordem cósmica.

Nesse sentido, podemos considerar que a relação entre humano e objeto técnico é mediada por uma complexa cadeia sociotécnica, que engloba não apenas os aspectos instrumentais da tecnologia, mas também as dimensões culturais, filosóficas e cosmológicas que permeiam essa interação. Esta compreensão mais ampla da tecnologia como mediadora de experiências e transformadora de percepções nos conduz a uma questão fundamental sobre como ela nos afeta através da sensibilidade.

Em seu artigo "Exhibiting and Sensibilizing: Recontextualizing Les Immatériaux" (2019), Hui busca atualizar a discussão sobre a exposição "Les Immatériaux"³⁰, realizada no Centro Georges Pompidou, em Paris, no ano de 1985. A exposição, que teve como curadores o filósofo francês Jean-François Lyotard em colaboração com o teórico e curador Thierry Chaput, explorava como o conceito de sensibilidade se relaciona com as artes visuais no contexto técnico contemporâneo. Segundo os próprios organizadores, a exposição era um convite para vivenciar uma nova sensibilidade e, com ela, ver o mundo de uma forma nova.

Nesse cenário, Lyotard buscou entender a sensibilidade como aquilo que não pode ser exibido como tal, mas pode ser "sentido" como um complemento no contexto da fruição de arte. Para Lyotard, a sensibilidade nessa exposição não estava presente como algo em si, mas encarnada precisamente por causa de sua ausência. Na exposição, buscou-se demonstrar, através da curadoria, como o inapresentável torna-se objeto de apresentação. Segundo Lyotard, é nessa aparente contradição que a arte assume o controle da filosofia. Um ponto importante a considerar é que a exposição "Les Immatériaux" buscava prospectar as mudanças na cultura e na sociedade contemporâneas, especialmente as impulsionadas pelo avanço da tecnologia, tais como as telecomunicações, a biotecnologia e a informática. (ibid.)

A exposição visava despertar uma sensibilidade para a transformação do mundo material e para a nova forma de experiência estética que ela implica, dando origem a novas formas de conhecer, bem como a novas relações com o mundo. Ou seja, uma nova sensibilidade motivada pela transformação técnica, incluindo os avanços tecnológicos de telecomunicações, da biologia e da química, que mudaram significativamente a nossa forma de perceber a materialidade.

Nesse período, um termo intimamente relacionado às novas tecnologias da época era o conceito de interação. Lyotard se utilizou do termo para sugerir uma

30 CENTRE POMPIDOU. Les Immatériaux. Centre Pompidou, 2023. Disponível em: <https://www.centrepompidou.fr/fr/collection/films-et-nouveaux-medias/les-immateliaux>. Acesso em: 18 fev. 2025.



FIGURA 22

Vista da exposição "Les Immatériaux", Centre Pompidou, Grande Galerie (1985)³¹

possível nova metafísica na qual o sujeito humano é concebido como um conjunto de processos dinâmicos, representados por uma espécie de "plasticidade dos humanos" (plasticity of humans), a qual se refere à capacidade de adaptação e transformação dos seres humanos diante das mudanças na estrutura de comunicação e interação, especialmente influenciadas pelas novas tecnologias, nas quais as categorias tradicionais de emissor e receptor perdem sua rigidez.

Tanto Hui quanto Lyotard fazem, de certa forma, explica que a tecnologia moderna não é apenas um conjunto de ferramentas, mas uma forma de ver o mundo. Para ambos, a tecnologia passou a enquadrar tudo como um recurso pronto para ser usado, ao invés de algo que surge "organicamente".

A tecnologia digital segue essa mesma lógica, tratando informações, pessoas e até a natureza como dados que podem ser coletados e processados. No entanto, a exposição *Les Immatériaux*, de Jean-François Lyotard, trouxe uma visão diferente. Em vez de apenas criticar essa transformação, sugeriu que podemos reinterpretar a tecnologia digital e encontrar nela novos caminhos, em vez de guardar a sua ancoragem moderna na oposição entre natureza e tecnologia (*ibid*, p. 24).

Esta perspectiva dialoga diretamente com o pensamento do filósofo italiano Mario Costa que, em sua obra 'O Sublime Tecnológico' (1995), propõe uma reflexão sobre as tecnologias não como meras extensões do ser humano, mas como funções autônomas e instrumentos dotados de lógica própria. Para Costa, utilizar efetivamente as tecnologias contemporâneas digitais demanda integrá-las em uma rede relacional, permitindo um fluxo bidirecional onde tanto afetamos quanto somos afetados por elas, estabelecendo assim uma nova forma de pensar a relação homem-tecnologia para além das concepções instrumentais tradicionais.

Costa aponta o potencial dessas tecnologias em domesticar a causa do espanto, ao colapso da sensibilidade humana diante da vastidão e imensurabilidade da natureza. Esse fenômeno, que o filósofo Immanuel Kant tipificou como uma das

31 Problemata. Disponível em : <http://problemata.org/en/resources/31>. Acesso em: 20 fev. 2025

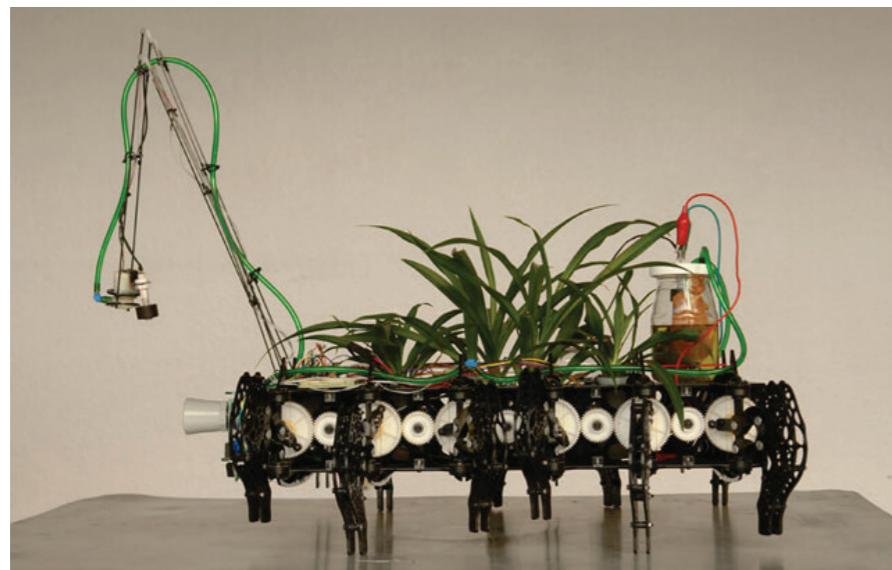


FIGURA 23

Registro Plantas Nómadas de Gilberto Esparza (2011)³²

manifestações do sublime, no qual reflete a incapacidade humana de captar plenamente a grandiosidade da natureza em sua totalidade. Nesse cenário, para o autor, as tecnologias digitais, chamadas por ele de novas tecnologias, têm a capacidade de transformar a causa do espanto em algo mais controlável, convertendo-a em um “objeto” de fruição socializada e repetível, em contraste com a experiência única e inefável que tradicionalmente caracteriza o sublime. (COSTA, 1995)

Para além do campo teórico, na contemporaneidade, é possível observar a ampliação desse debate nas artes visuais, especialmente entre artistas que exploram a interseção entre arte e tecnologia ou arte e ciência. Um exemplo disso são os trabalhos do artista Gilberto Esparza, como em *Plantas Nômades* (2011), onde ele articula organismos vivos e tecnologia computacional, entrelaçados por uma rede informacional complexa e sublime.

Trazendo a complexidade e reduzindo a escala da vastidão da natureza ao incorporar um organismo vivo acoplado a um sistema maquinico digital de forma simbótica, como elemento central do trabalho artístico.

Esparza tem desenvolvido uma série de experimentos onde especula sobre a possibilidade da vegetação e microorganismos viverem em simbiose com máquinas. Em “*Plantas Nômadas*”, ele parte de um projeto de pesquisa que busca refletir sobre os impactos ambientais e sociais gerado pela atividade humana, como a exploração desenfreada de recursos naturais, concentração desigual de riqueza, superlotação dos grandes centros urbanos e a “falta de consciência para encontrar formas de vida que se relacionem de forma empática com a natureza”. Sobre o projeto, Esparza (2013) descreve :

Plantas Nômadas é uma espécie híbrida, composta por vários organismos que coexistem em simbiose para sobreviver em ambientes poluídos. A água, fonte de energia vital para a sobrevivência, é um dos recursos mais afetados pela poluição. A Planta Nómada é um organismo vivo, composto por um sistema

32 EL CESARE . Disponível em : <https://elcesare.wordpress.com/2010/03/03/plantas-nomadas-el-ciclo-de-vida/>.. Acesso em: 20 fev. 2025



FIGURA 24

Fotografia Plantas Nómadas de Gilberto Esparza (2011)³³

robótico, uma espécie vegetal orgânica, um conjunto de células à combustão microbianas e fotovoltaicas. É a união de diferentes formas de inteligência que constituem uma espécie mais forte, entendida como um anticorpo, com potencial para restaurar danos ambientais em pequena escala. Para sobreviver, esse organismo pega a água contaminada e a processa em suas células à combustão por meio de uma colônia de bactérias nativas dessas águas, que se alimentam transformando nutrientes em eletricidade, para serem armazenadas por seu sistema de captação de energia. Nesse processo de biodegradação, melhora a qualidade da água e abastece com seu metabolismo as espécies vegetais que também produzem eletricidade. A liberação de oxigênio é o remanescente deste ciclo de energia. Portanto, não é apenas uma espécie adaptada ao ambiente modificado, mas também repõe a energia disponível da terra. (Tradução nossa, s.p.)³²

Para o artista, a tecnologia tem sido usada historicamente para atender uma demanda produtiva, mas tem em si um enorme potencial para fornecer grandes transformações que o planeta tem exigido na contemporaneidade. A partir desse trabalho, Gilberto busca estimular uma discussão crítica sobre essas forças ambíguas exercidas pela tecnologia. Uma fuga do potencial da máquina

32 “La Planta Nómada es una especie híbrida, conformada por diversos organismos que coexisten en simbiosis para sobrevivir en entornos contaminados. El agua, fuente de energía vital para la sobrevivencia, es uno de los recursos más afectados por la contaminación. La Planta Nómada es un organismo vivo, constituido por un sistema robótico, una especie vegetal orgánica, un conjunto de celdas de combustible microbianas y fotovoltaicas. Se trata de la unión de distintas formas de inteligencia que constituyen una especie más fuerte, entendida como un anticuerpo, con el potencial para restaurar a pequeña escala los daños del entorno. Para sobrevivir, este organismo toma agua contaminada y la procesa en sus celdas de combustible mediante una colonia de bacterias autóctonas de estas aguas, que se alimentan transformando los nutrientes en electricidad, para ser almacenada por su sistema de cosecha de energía. En este proceso de biodegradación mejora la calidad del agua y provee a la especie vegetal que también produce electricidad con su metabolismo. La liberación de oxígeno es el remanente de este ciclo energético. Por tanto no solo es una especie adaptada al entorno modificado, sino que también restituye la energía que dispone de la tierra.”

33 Plantas Nómadas . Disponível em : <https://www.plantasnomadas.com/>. Acesso em: 20 fev. 2025

que escapa do utilitarismo, uma oposição à produtividade programada. (JASSO, 2010)

Para além disso, o trabalho soma-se a outros ao propor um processo inventivo que considera o agenciamento entre máquinas e organismos, bem como a potência da fruição do objeto de arte como ponto de partida para deslocar a tecnologia em outra direção, despertando uma nova sensibilidade por meio da experiência estética.

Convém destacar que, embora as ferramentas computacionais contemporâneas intensifiquem exponencialmente essa relação, ela se manifesta em diversos contextos técnicos. Um exemplo é a obra *Tree Mountain* (1996), de Agnes Denes, escolhida pelo governo finlandês para ser comissionado durante a ECO-92, ocorrida no Rio de Janeiro. Nesta proposta a artista cria uma malha baseada em um padrão de girassol orientado pela proporção Áurea, regra matemática conhecida também por regra de ouro, a partir desta malha a artista desenvolve um planejamento de reflorestamento de uma montanha, localizada em um espaço onde o solo foi devastado pela extração de minérios na na cidade de Ylöjärvi. O projeto contava com a plantação de 11.000 árvores.

Segundo Denes, esse processo de biorremediação busca uma harmonia com a natureza através da criação de uma floresta virgem em uma área degradada. A implementação deste projeto demorou cerca de 4 anos e contou com a participação do governo e da sociedade finlandesa. Denes intitula que as árvores devem permanecer intocadas por 400 anos, tempo necessário para o ecossistema se restabelecer. Para garantir que isso seja cumprido, é emitido um certificado aos plantadores com o objetivo de atestar o compromisso do plantador com a árvore, com vigência de 400 anos, o documento pode ser transferido de forma hereditária para as futuras gerações, conectando milhões de pessoas com as 11 mil árvores. De acordo com a artista, as famílias orgulhosamente tornam-se guardiãs das árvores, que levam seus nomes e formam uma exuberante floresta virgem artificial (DENES, 1996).

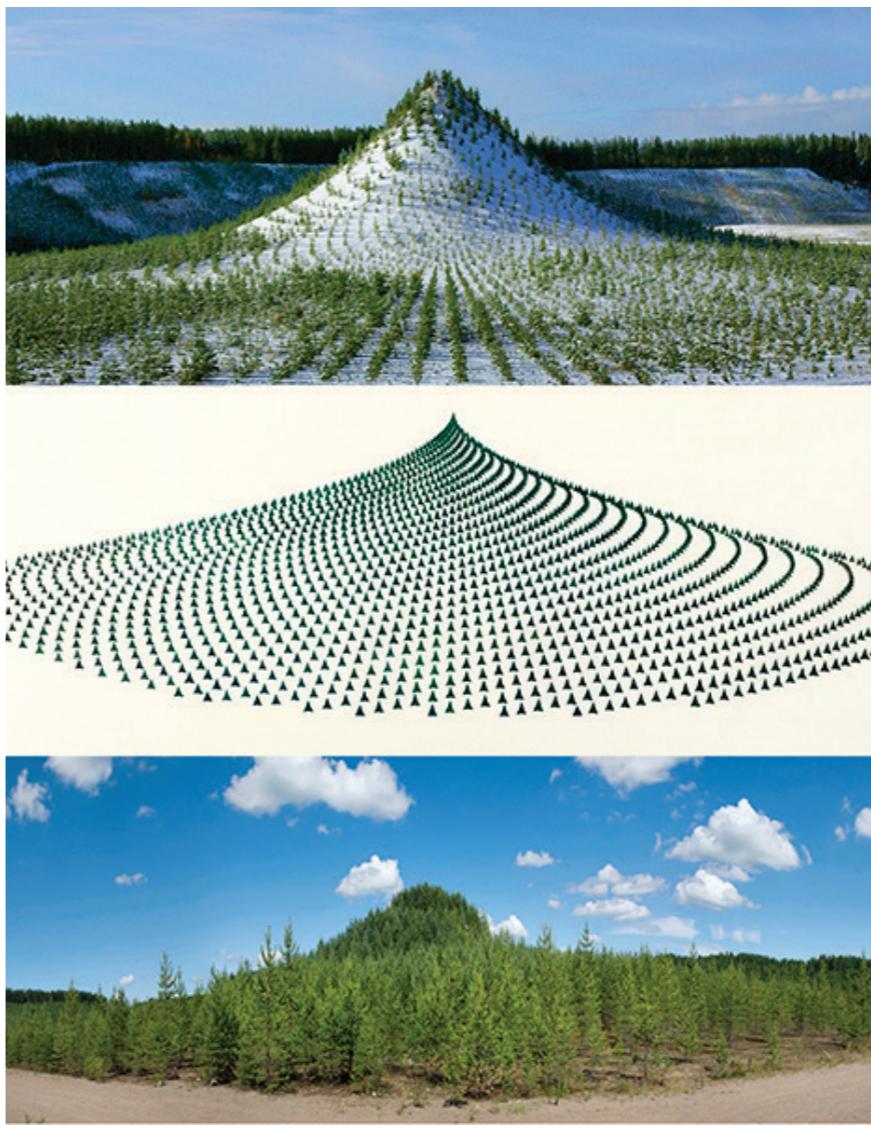


FIGURA 25

Registro e projeto do trabalho *Tree Mountain* (1996)³³

33 Agnes Denes. Disponível em : <http://www.agnesdenesstudio.com/works4.html>. Acesso em: 20 fev. 2025

Sobre o trabalho Agnes Denes descreve em seu site:

Tree Mountain é um trabalho colaborativo, desde seu intrincado paisagismo e silvicultura até o financiamento e acordos contratuais para seu estranho e inédito uso da terra de quatro séculos. A colaboração se expande à medida que onze mil pessoas se reúnem para plantar as árvores que levam seus nomes e permanecem sua propriedade por gerações sucessivas. As árvores podem mudar de propriedade – as pessoas podem deixar sua árvore para seus herdeiros, ou transferi-la por outros meios, até mesmo serem enterradas sob ela, mas a própria Montanha da Árvore nunca pode ser possuída ou vendida, nem as árvores podem ser removidas da floresta. As árvores são feitas pela natureza, o posicionamento matemático criado pelo intelecto humano para formar uma verdadeira aliança do homem e da natureza. (Tradução nossa, s.p.)³⁵

Sob essa perspectiva integradora entre natureza e tecnologia, que se baseia na disposição técnica das árvores no ambiente, representada pelos princípios matemáticos e da engenharia, esse sistema, de certa forma, afeta quem o observa a partir da experiência com a sua materialidade.

Neste jogo estético, é possível considerar que a justaposição de tecnologias e organismos vivos pressupõe um ganho ao despertar uma nova sensibilidade. Essa sensibilidade não atua apenas como uma resposta à tecnologia da época, mas também como um fator definidor e transformador da estrutura tecnológica que molda nossa existência, além de ter o potencial para libertar o poder da

³⁵ “Tree Mountain is a collaborative work, from its intricate landscaping and forestry to the funding and contractual agreements for its strange, unheard-of land-use of four centuries. The collaboration expands as eleven thousand people come together to plant the trees that bear their names and remain their property through succeeding generations. The trees can change ownership. People can leave their tree to their heirs, or transfer it by other means, even be buried under it, but Tree Mountain itself can never be owned or sold, nor can the trees be moved from the forest. The trees are made by nature, the mathematical positioning created by the human intellect to form a true alliance of man and nature.”

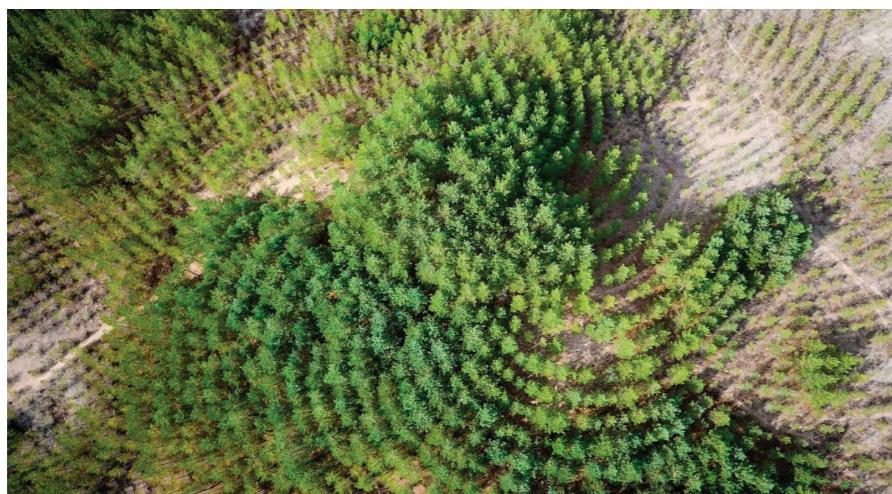


FIGURA 26

Fotografia
do projeto
Tree
Mountain³⁴

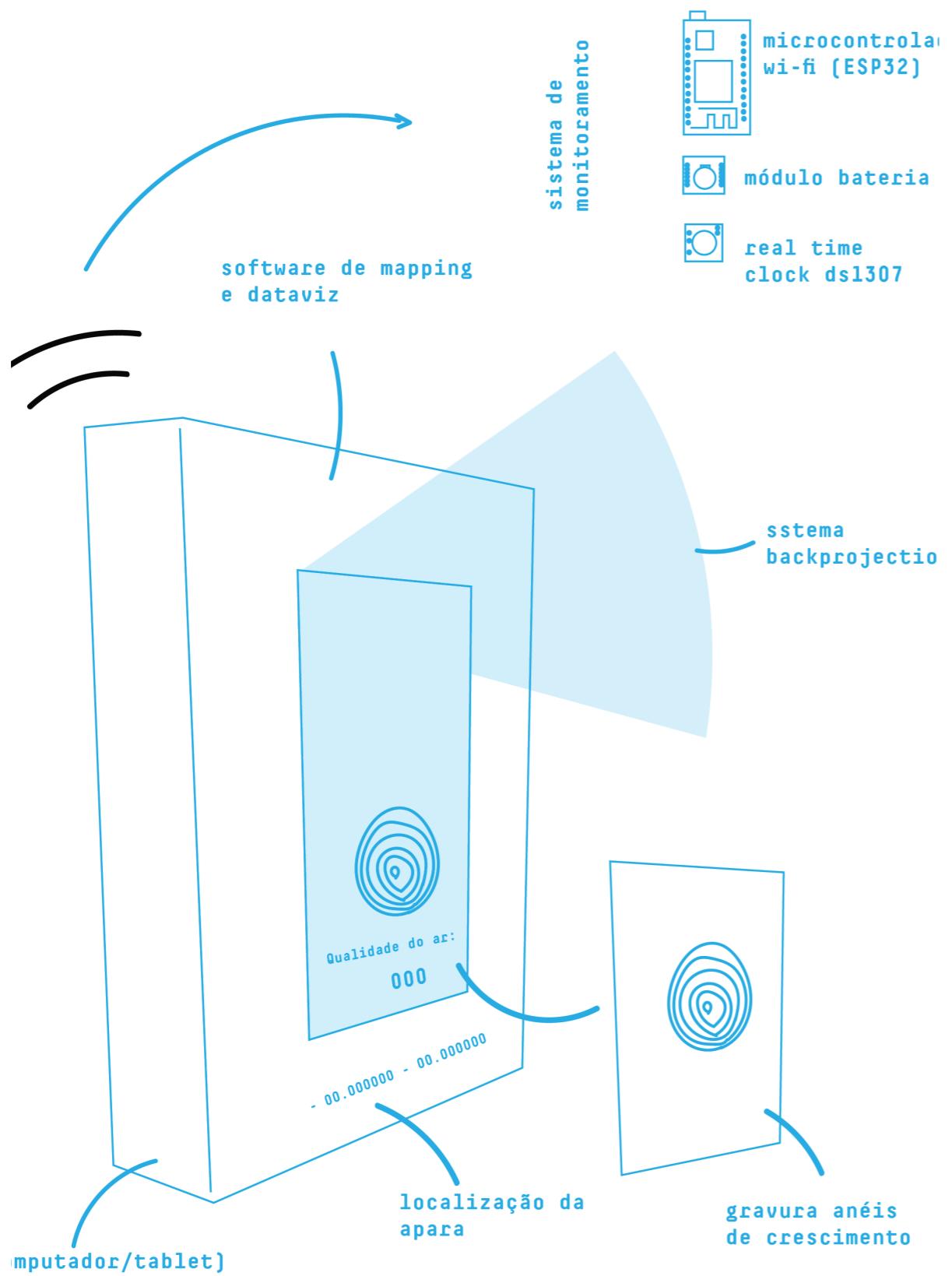
³⁴ Visit Lakeland Finland. Disponível em : <https://visitlakelandfinland.com/products/trees-nature-trail-around-lake-veittijarvi/>. Acesso em: 20 fev. 2025

imaginação, que, segundo Hui, foi empobrecido por uma cegueira em relação ao progresso e à aceleração, influenciada pela dicotomia entre técnica e natureza. (HUI, 2019)

A paisagem é concebida por meio de uma lógica analítica e estruturada, assemelhando-se à lógica algorítmica, em uma diagramação geométrica da plantação. É nessa relação entre técnicas e organismos vivos que surgem novas formas de sublime que transcendem as categorias tradicionais da estética. Sob a ótica do pensamento de Costa(1995), aqui manifesta-se em duas dimensões, primeiramente, pela grandiosidade da natureza, apreciada em sua magnitude e, em segundo lugar, pela domesticação do absolutamente grande, onde a tecnologia transforma o que antes era incompreensível ou ameaçador em algo acessível e com uma agência mais nítida.

Em suma, os exemplos de trabalhos artísticos aqui apresentados contribuem para dissolver a tradicional separação entre técnica e natureza, criando redes que integram tanto elementos tecnológicos quanto organismos vivos. Essas interações estabelecem relações reticulares, dinâmicas e em constante transformação, em um processo contínuo de devir, onde os elementos se constituem e se transformam mutuamente.

3.3 IMPRESSÕES BIO_DIGITAIS



Como enfatizado nos capítulos anteriores, a interseção entre o computacional digital e a natureza tem se revelado um campo fértil para explorações artísticas. A partir dessa perspectiva, aliada à ideia de compreender os artefatos técnicos como mediadores da interação entre humanos, organismos e o meio ambiente, desenvolvemos o artefato computacional 'Impressões Bio_Digitais', que investiga a relação entre informação e organismos vivos.

O trabalho 'Impressões Bio_Digitais', surgiu no contexto da residência PANORAM4, cujo tema central era a exploração das relações entre arte, ciência e tecnologia, organizado pelo Laboratório de Poéticas Fronteiriças da Universidade Estadual de Minas Gerais. A proposta do trabalho visava capturar a complementaridade entre natureza e tecnologia digital, compreendendo paisagem e informação de forma integrada.

O desenvolvimento do artefato reflete uma abordagem interdisciplinar, que combina técnicas tradicionais de gravura com ferramentas digitais de visualização de dados. O conceito central gira em torno da morfogênese dos anéis de crescimento das árvores, os quais refletem as condições ambientais e as mudanças climáticas às quais a árvore foi exposta. Ao integrar esses elementos orgânicos com dados captados em tempo real por sensores, a obra propõe um diálogo contínuo entre a informação dos bioindicadores, no sentido de dar forma, e a informação dos sistemas digitais, que pode ser representada através de dados.

Durante a residência, em algumas visitas à cidade de Belo Horizonte, onde o evento ocorreu, era comum, nas zonas arborizadas, nos deparamos com as sobras de troncos oriundas da poda urbana. Nesses pedaços de troncos, era percebida a presença nítida de anéis de crescimento, os quais representam visualmente o registro das mudanças de estações e as condições ambientais enfrentadas ao longo dos anos. Esses anéis são marcas biológicas de tempo e de interações entre a árvore e seu ambiente (CHAGAS, 2013).

Em um primeiro movimento da residência, foi realizada a coleta desses

troncos em vários pontos da cidade de Belo Horizonte, locais próximos às atividades da residência. O interesse era registrar, de alguma forma, esses anéis de crescimento. No decorrer da residência, foram investigadas algumas técnicas gráficas que poderiam atender a essa função. Nesse contexto, a técnica que melhor imprimiu esses anéis foi a xilogravura de topo, alcançada através de um polimento da madeira com fogo e lixa. Foram então impressas algumas gravuras de várias amostras de troncos, em uma tentativa de reproduzir esses bioindicadores que se apresentam no formato de anéis.

A fim de criar uma relação com os dados ambientais nos espaços exatos onde foram encontrados os restos de apara, foi instalado, um sistema de captação de dados ambientais nos locais onde os troncos foram coletados. Esse sistema foi construído especialmente para esse propósito, utilizando um circuito personalizado acoplado a sensores que mediam informações como temperatura, umidade e qualidade do ar. O sistema armazenava os logs desses dados e também os transmitia para um servidor. O fato desses espaços estarem localizados no contexto urbano facilitou o processo, devido à rede de internet acessível nesses locais.

Durante o contato com a materialidade do papel de arroz, onde a gravura foi impressa, a transparência sugeriu e despertou em mim a possibilidade de criar uma sobreposição entre o desenho dos anéis e os dados dinâmicos biológicos, captados através do sistema de monitoramento.

Para justapor essas informações, foi necessária uma estratégia visual de síntese desses dados, que de algum modo se integrasse com as formas dos anéis oriundos dos troncos das árvores, dando sentido ao conjunto de informações obtidas pelo sensor através da visualidade.

Foi então desenvolvido um software de visualização de dados, utilizando a linguagem de programação JavaScript e a biblioteca de programação visual e interativa P5.js. É importante destacar que os protótipos foram desenvolvidos diretamente em código, sem passar por um desenho prévio. Aqui, o pensamento no



FIGURA 27

Troncos de aparas, coletados e catalogados³⁷



FIGURA 28

Fotografia do trabalho Impressões Bio_digitais (2024).³⁸

processo de desenvolvimento de software não se restringiu apenas à necessidade técnica que direciona a atuação do algoritmo, mas também como uma atividade de reflexão e experimentação, na busca por uma imagem comprehensível da relação entre o significado dos dados, sua causa e interdependência.

As informações ambientais, na forma de visualização de dados, foram integradas à gravura por meio de uma técnica de projeção mapeada, neste caso com a visualização em contato direto com o papel de arroz, em uma back projection. Nesse movimento, buscou-se criar uma hibridação entre a técnica tradicional da gravura e a projeção digital da visualização de dados, ampliando as possibilidades de interação entre as múltiplas formas de representação.

Como suporte para o software de visualização dos dados provenientes do sistema de monitoramento, desenvolvido para este fim, foram utilizados netbooks 2 em 1, mini notebooks que, ao abrirem sua tela em 180 graus, se transformam em tablets. Essa escolha se deu especialmente pelas limitações de recursos do projeto, e, embora esses equipamentos sejam atualmente considerados obsoletos devido à sua baixa capacidade computacional, somados a um sistema operacional enxuto, eles se mostraram adequados para as necessidades específicas deste projeto.

A forma desses equipamentos ditou as dimensões do trabalho artístico, levando à criação de caixas de compensado para acoplar o sistema de back projection, composto pelo netbook e a gravura. O objetivo era criar uma uniformidade entre os netbooks e proporcionar um acabamento visual coeso ao tríptico, além de servir como suporte para uma gravação a laser com a localização onde a apara foi encontrada e o sistema de monitoramento foi instalado.

Como resultado final, temos um objeto composto por técnicas híbridas, que cria uma sobreposição entre as gravuras dos anéis de crescimento e a visualização de dados captados em tempo real. Ao projetar os dados diretamente sobre as xilogravuras, o trabalho proporciona uma visualização infográfica complexa, onde informações biológicas e digitais se encontram e se misturam. Essa

38 Fonte: Autor, 2024.

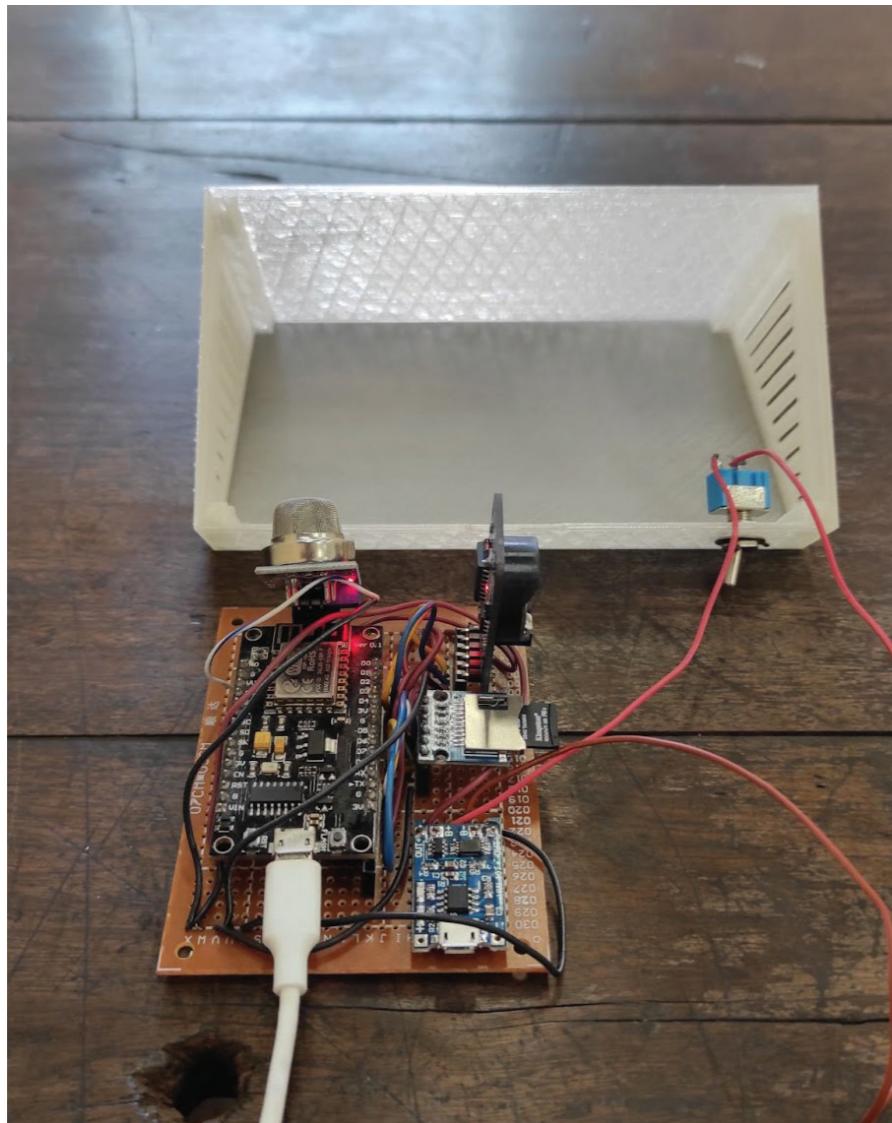


FIGURA 29

Estação de monitoramento personalizada³⁹

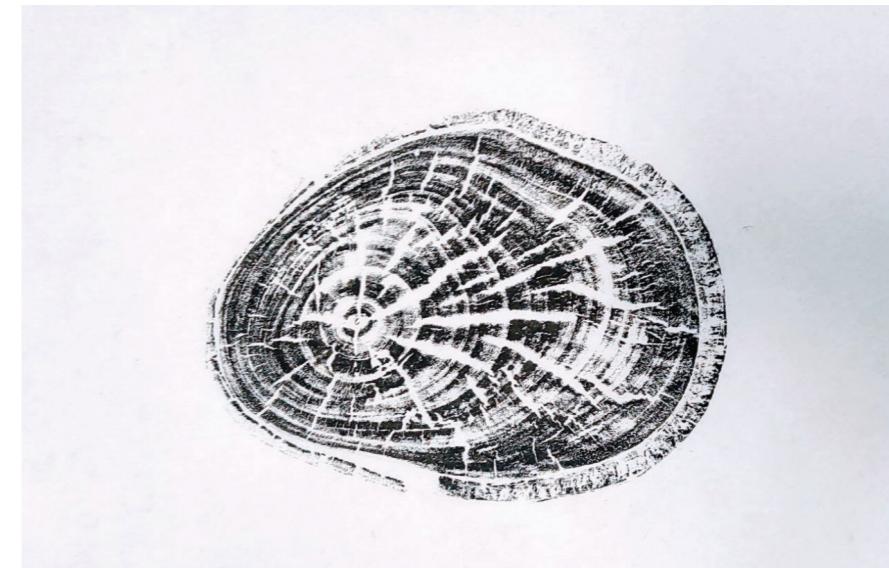


FIGURA 30

Gravura de topo dos anéis de crescimento⁴⁰

39 Fonte: Autor, 2024.

40 Fonte: Autor, 2024.



FIGURA 31

Detalhe de projeção mapeada com backprojection⁴¹

sobreposição torna visível a interdependência entre as árvores e a paisagem em que se desenvolveram.

A interação entre os dados ambientais e as gravuras criam uma experiência estética, que desafia as noções tradicionais de natureza e tecnologias. Através da sobreposição contínua dos dois sistemas, a obra convida o espectador a refletir sobre como ambos os domínios se complementam. O objeto técnico aqui não apenas molda paisagens de acordo com as necessidades humanas de domínio e exploração, mas propõe uma nova relação com esse ambiente por meio de um conjunto de dados. Esses dados são organizados em uma técnica de visualização de dados, que combina métodos e técnicas de estatística, design gráfico, interação e análise computacional, para criar um modelo de comunicação mais adequado ao mundo contemporâneo, caracterizado pela complexidade das informações.⁴²

Ao integrar natureza e tecnologia, o trabalho evidencia a interdependência entre cultura e natureza. A partir da perspectiva de criação deste trabalho e considerando as conexões com outras obras artísticas e teóricas, é possível inferir que a proposição de um objeto híbrido entre as entidades ecológicas e o tecnológico digital emerge como uma propagação e cruzamento de informações, as quais não se resumem à simples justaposição entre as máquinas — neste caso, infraestruturas de coleta de dados — e o mundo material, que coexistem, quer escolhamos conceituá-los como reinos separados ou não. (MORTON, 2023)

O trabalho “Impressões Bio_Digitais” integra um sistema técnico-informacional a elementos naturais, como os anéis de crescimento das árvores, utilizando dados ambientais captados em tempo real por sensores. Essa integração cria um sistema híbrido em que a máquina se abre à adaptação e resposta às variáveis ambientais.

A relação entre este objeto técnico, a paisagem e o ambiente destaca uma

41 Fonte: Autor, 2024.

41 TEIXEIRA, Carla Cristina da Costa. Criatividade, Design Thinking e Visual Thinking e sua relação com o universo da infografia e da visualização de dados. 2014. Tese (Doutorado em Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design, 2014, p. 19.

mediação da percepção entre natureza e tecnologia, realizada por meio da imagem, em uma abordagem que contribui para uma compreensão mais abrangente e integrada da diáde natureza e tecnologia. Neste contexto, a imagem gerada pelos dados, por meio de um software personalizado, nos permite visualizar um conjunto de informações que, de outra forma, não seríamos capazes de compreender sob essa perspectiva.

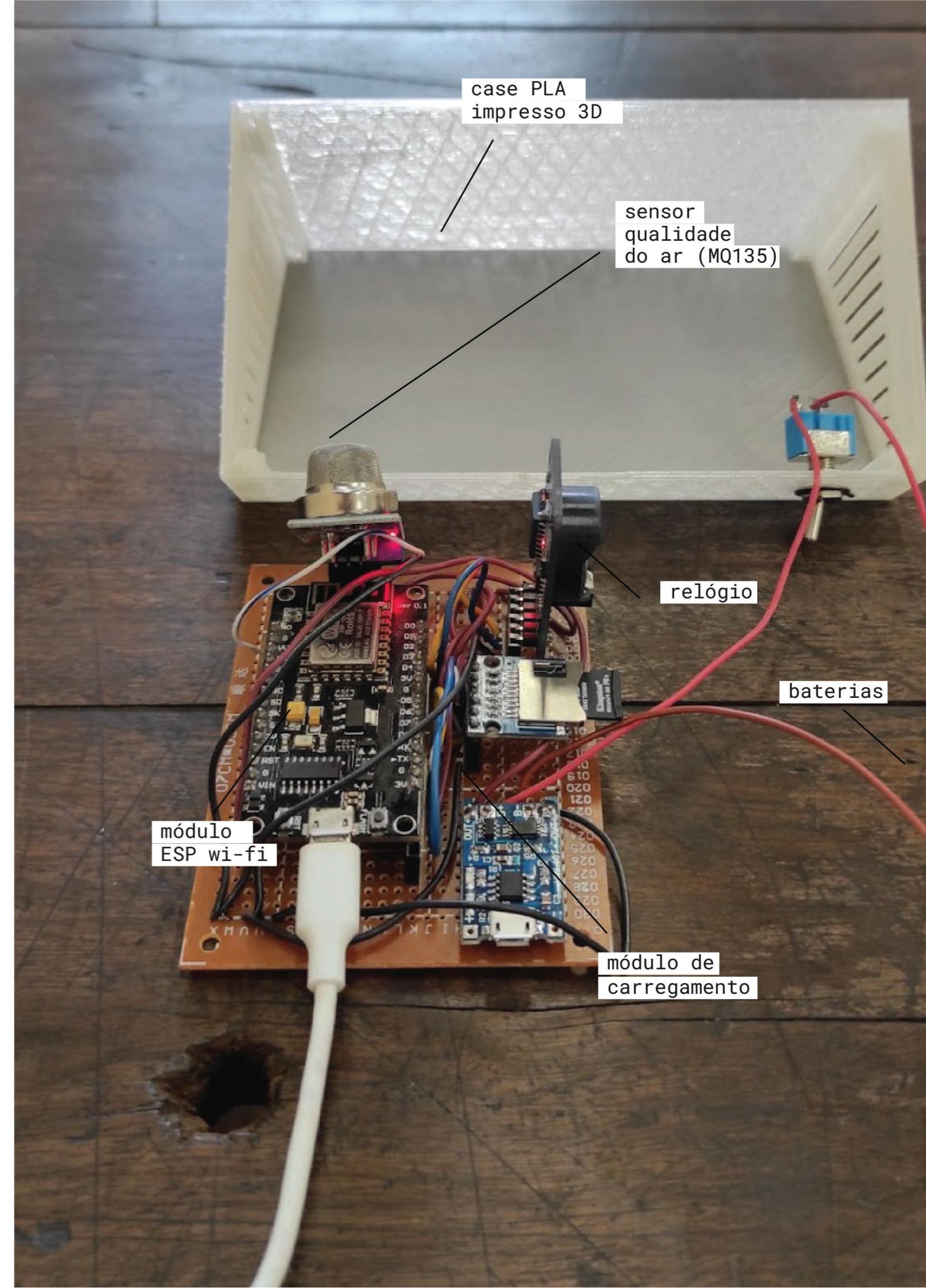


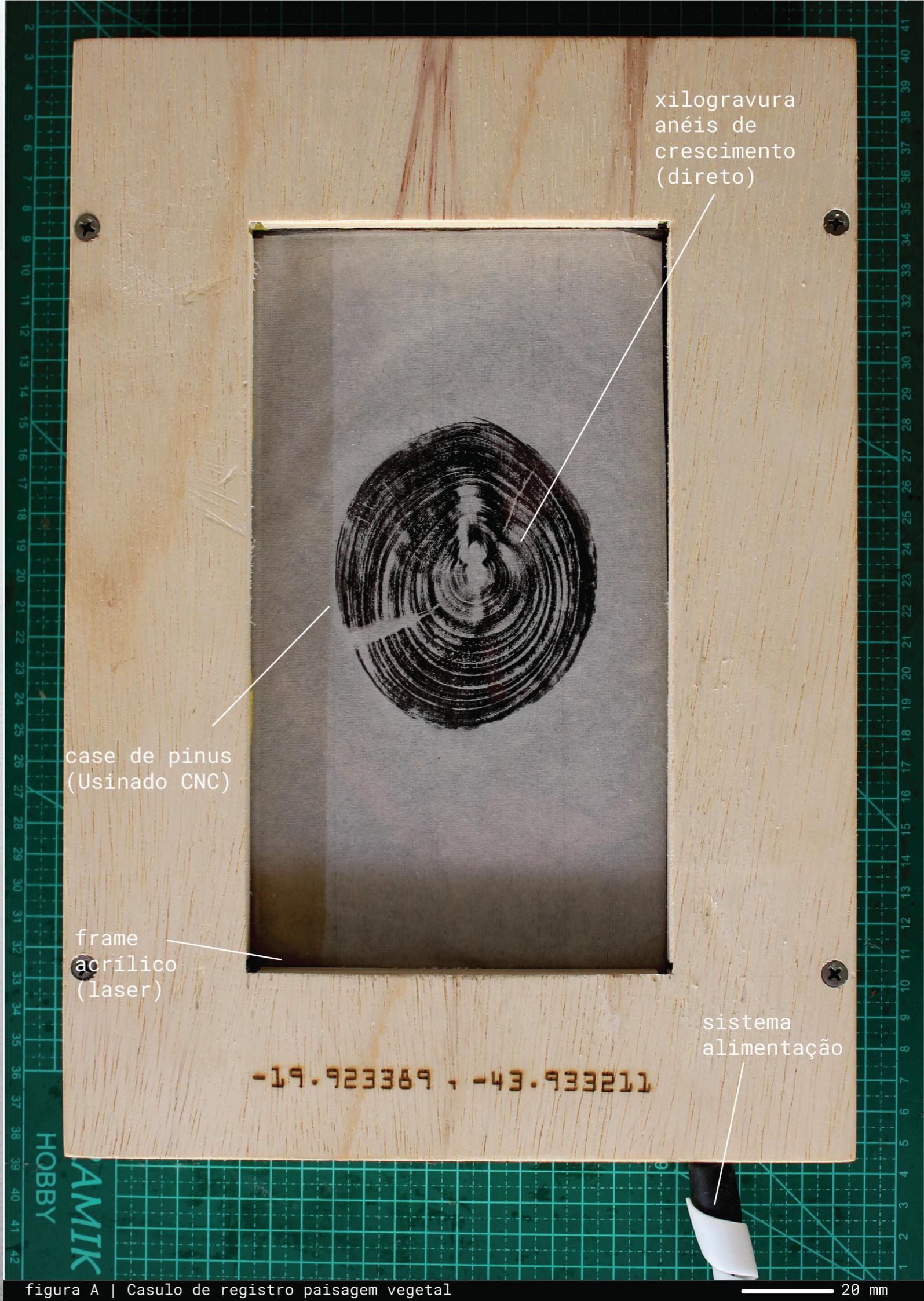
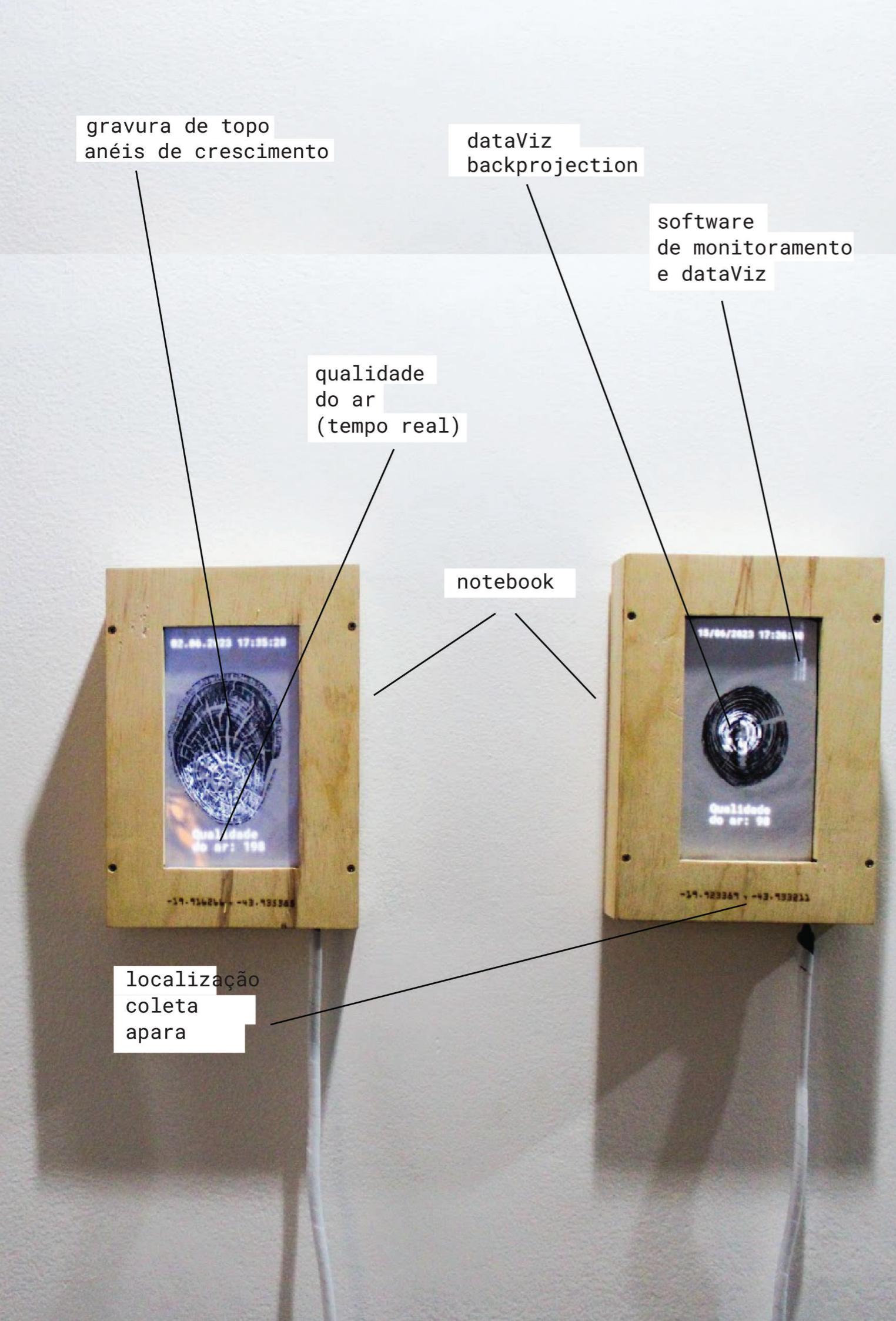
FIGURA 32

Obra Impressões Bio_digitais na exposição Panoramas (2024)⁴³

43 Fonte: Autor, 2024.

SISTEMA <IMPRESSÕES BIO_DIGITAIS>





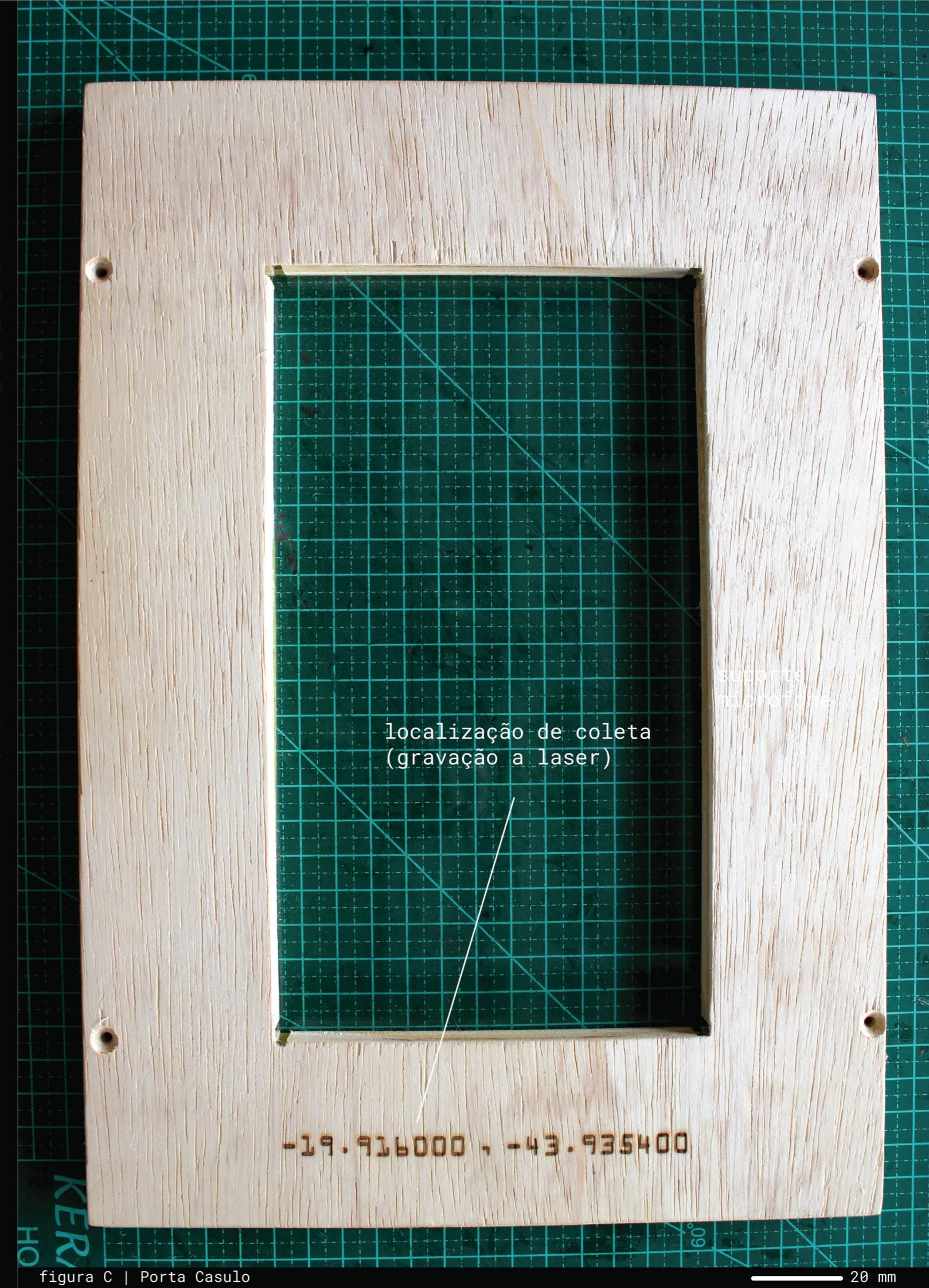
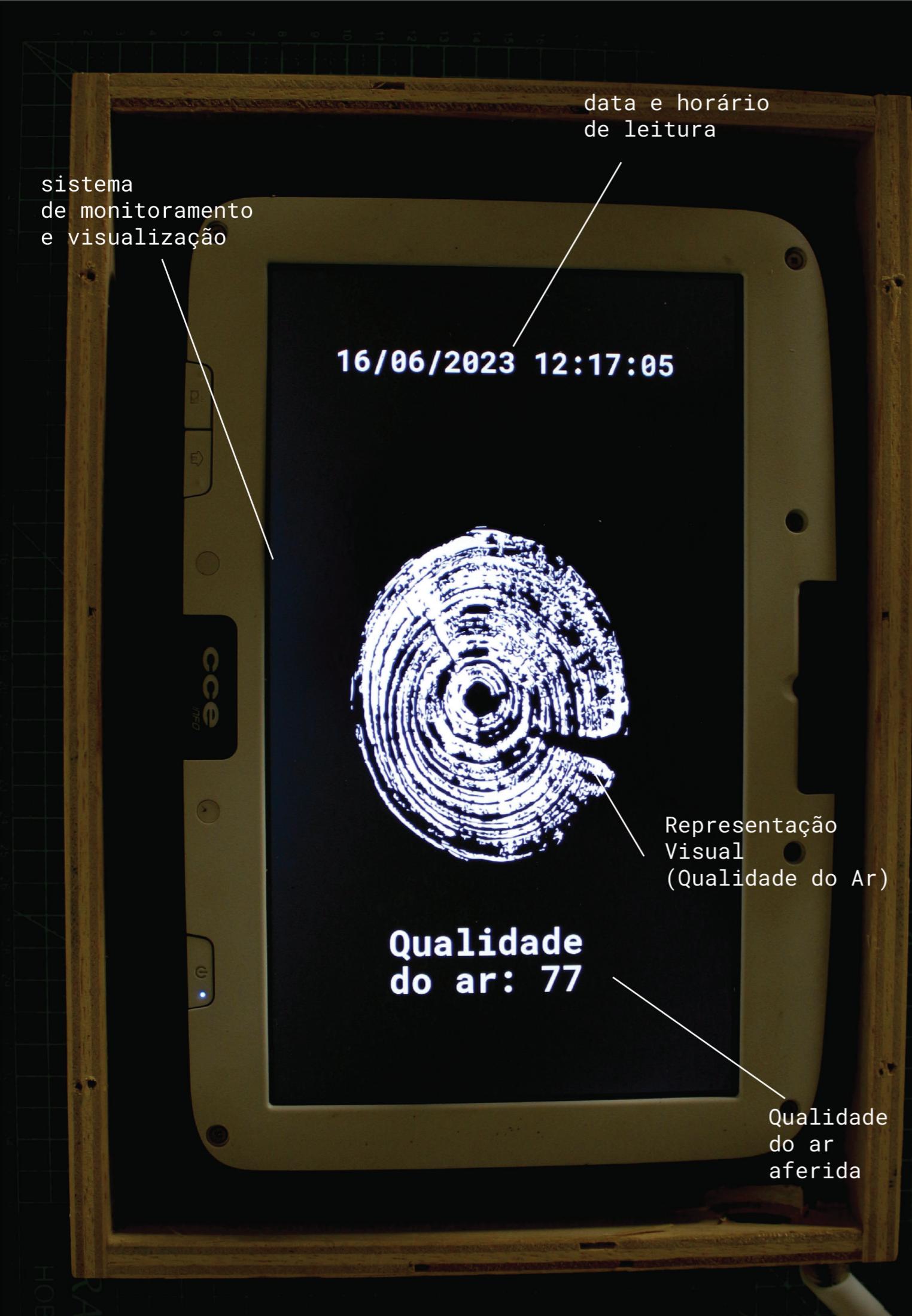
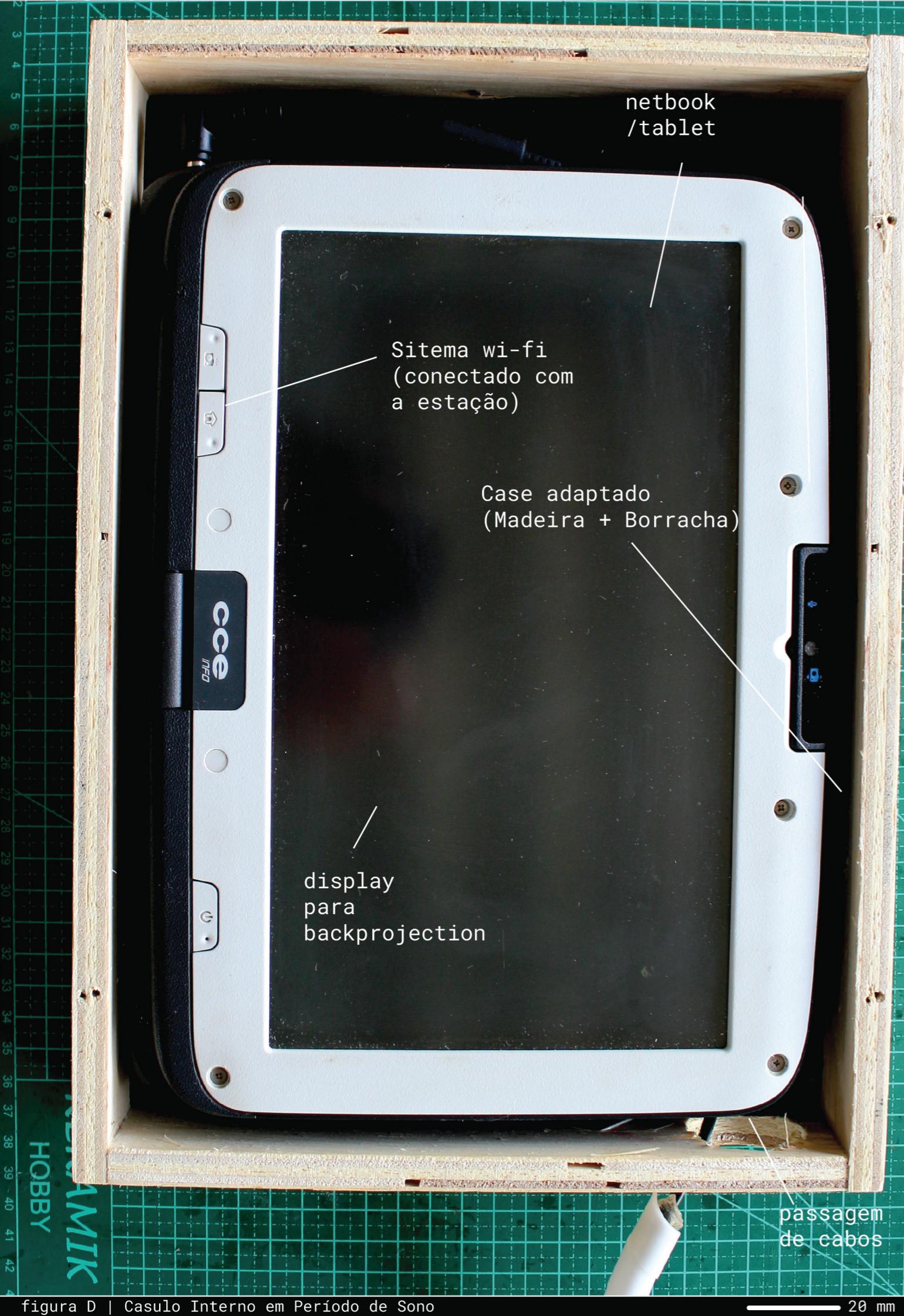


figura B | Casulo Interno em Estado de Vigília

figura C | Porta Casulo



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teórico-prática buscou explorar as interseções entre máquinas e organismos vivos no contexto poético da arte, investigando os sistemas de conexão e propagação de afetos que emergem dessas relações. Partimos do pressuposto de que tais acoplamentos não são meramente técnicos, mas envolvem camadas subjetivas que permeiam o artista, enquanto inventor desses acoplamentos, a recepção do observador e a dinâmica das partes e do meio como elemento integrante do sistema. Tais relações apontam para um sistema reticular e constituem-se como ambientes vivos e em constante transformação.

Através da introdução do conceito de margem de indeterminação, conforme proposto por Gilbert Simondon, argumentamos que a abertura dos sistemas técnicos à interação com informações externas é essencial para a emergência de novas sensibilidades e poéticas nos trabalhos de arte que têm como base o uso de elementos maquínicos computacionais. Argumentamos que esta emergência está proporcionalmente ligada ao grau de indeterminação maquínica dos sistemas criados, os quais, no caso de experimentações no campo da arte e tecnologia envolvendo estruturas híbridas que conjugam máquinas e natureza, se valem de aspectos coerentes e complexos do vivo para introduzir nos sistemas artificiais gradientes de indeterminação.

Dessa forma, por meio da articulação teórica e da apresentação dos experimentos práticos, a tese busca mostrar que a integração entre a máquina e o organismo vivo pode aumentar o grau de indeterminação do sistema, o que, por sua vez, cria a possibilidade de romper com o automatismo intrínseco da máquina, gerando nesta uma abertura de sua dimensão técnica, criando novas formas e forças que desafiam a noção de finalidade. Como apresentado nesta tese à luz de Gilbert Simondon, uma máquina dotada de alta tecnicidade é, portanto, uma máquina aberta, o que permite ao artista explorar as novas possibilidades surgidas a partir dessa relação.

Os experimentos realizados ao longo desta pesquisa demonstraram que a

máquina, ao ser concebida como parte de uma rede dinâmica e em constante transformação, torna-se um elemento sensível e responsivo ao meio que a circunda. Essa sensibilidade, no entanto, não deriva tão somente de sua capacidade de monitoramento ou capacidade de feedback a estímulos, mas emerge da interação dinâmica entre agentes humanos e não-humanos em níveis também sutis. Trata-se de um processo emergente o qual extrapola aspectos particulares do sistema e demanda uma percepção da construção poética como um todo.

Para tanto, analisamos referências teóricas e práticas que dialogam com a filosofia da técnica, a cibernetica e as práticas artísticas contemporâneas. Essas produções demonstram que a interação entre natureza e cultura é uma relação sistêmica, na qual elementos técnicos e biológicos se interpenetram e se reorganizam constantemente. A partir dos trabalhos apresentados, esperamos tornar evidente que alguns artistas desejam ir além do automatismo da máquina em suas abordagens de criação, almejando uma máquina capaz de perceber e atuar no mundo fenomenológico.

A pesquisa também aponta para desdobramentos futuros no campo da arte e tecnologia, sugerindo novas abordagens para a criação de sistemas que possam ampliar a experiência estética. O avanço das tecnologias digitais e a crescente interação entre sistemas computacionais e ecossistemas naturais abrem um campo vasto para investigações artísticas que desafiam as fronteiras entre o maquínico e o orgânico. Ao adotar uma abordagem que considera a máquina como um agente capaz de estabelecer conexões sensíveis, a arte computacional se torna um espaço privilegiado para a experimentação de novas formas de interação e subjetividade.

Nesse sentido, podemos entender maquinário_b10sensível como uma perspectiva dentro da arte computacional e das interações entre máquinas, organismos vivos e meio ambiente. Essa abordagem propõe não reduzir a tecnologia a um mero instrumento de controle e automação, mas considerá-la

um agente relacional inserido em sistemas que se constituem como ambientes vivos em constante transformação. Nesses sistemas, as relações entre os participantes operam em gradientes de intensidade e são fundamentais para a criação de significado e ação coletiva.

Como vimos durante o texto, essa perspectiva está alinhada com conceitos da filosofia da técnica, especialmente as ideias de Gilbert Simondon e a cibernetica, onde sistemas computacionais não apenas respondem a estímulos, mas participam de redes de relações que geram efeitos emergentes e imprevisíveis. Isso é amplificado pela capacidade das máquinas contemporâneas de se acoplar a fluxos de informação externos, em especial com os fenômenos do mundo natural, de forma profunda, em um estrato mais afinado. Esse acoplamento traz a natureza para dentro do sistema e produz um efeito de afecção alinhado aos aspectos interativos da obra, reduzindo o abismo entre humano e natureza e possibilitando uma visão mais integrativa desta relação. Nesse sentido, a máquina, assim, deixa de ser um artefato isolado para se tornar um locus de relações complexas entre o humano e a técnica, mediando trocas sensíveis entre indivíduos, organismos e o ambiente.

Por fim, esta tese expõe a importância de compreender a arte como um campo de conexões e afetos em expansão, e reforça a ideia de que a interação entre máquinas e organismos vivos é uma via potente para repensar nossa relação com a técnica, a natureza e a própria experiência estética.

Confiamos na relevância do conjunto de pensamentos apresentado ao longo da tese, o qual tem permeado a contemporaneidade em diversas áreas do saber, juntamente com as possibilidades tecnológicas de comunicação e informação em interação com múltiplos indivíduos, organismos e artefatos técnicos, quando combinados com a potência da arte integrada aos métodos técnicos-projetuais, no cenário atual, pode criar oportunidades para reimaginar e flexibilizar a realidade por meio de dispositivos híbridos.

Ao explorar as possibilidades poéticas desses acoplamentos, abre-se caminho

para novas formas de expressão artística que refletem a complexidade das interações entre o humano, a técnica e a natureza e representa uma potência inestimável para explorar novos significados nas tradicionais concepções de natureza, sensibilidade e tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Thales de. Intersecções entre o ambiente e a realidade técnica: contribuições do pensamento de G. Simondon. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-16, jun. 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2001000800006>>. Acesso em: 20 fev. 2025.
- ASCOTT, Roy. Behaviourist Art and Cybernetic Vision. In: SHANKEN, Edward A. (ed.). *Telematic Embrace: Visionary Theories of Art, Technology, and Consciousness*. Berkeley: University of California Press, 2003. p. 109-156.
- BENTHALL, Jonathan. The Cybernetic Sculpture of Tsai Wen-Ying. *Studio International*, v. 177, n. 909, p. 126-129, mar. 1969. Disponível em: <<https://www.studiointernational.com/index.php/the-cybernetic-sculpture-of-tsai-wen-ying>>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- BERGAMO, Marília Lyra. Knobby clubbrush: neurobiologia e arte robótica. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/59185/2/Knobby%20Clubbrush.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- BURNHAM, Jack. Systems esthetics. *Artforum*, v. 7, n. 1, p. 30-35, 1968. Disponível em: <https://monoskop.org/images/0/03/Burnham_Jack_1968_Systems_Esthetics_Artforum.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2022.
- _____. *Beyond Modern Sculpture: The Effects of Science and Technology on the Sculpture of This Century*. New York: George Braziller, 1968.
- CABRAL, Arthur Simões Caetano; CLÉMENT, Gilles. O jardim como índice planetário. *Revista-Valise*, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 1-10, jul. 2023. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/RevistaValise/article/view/130507>>. Acesso em: 18 fev. 2025.
- COUCHOT, Edmond. A tecnologia na arte: da fotografia à realidade virtual. Trad. Sandra Rey. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
- DENES, Agnes. Works. 1996. Disponível em: <<http://www.agnesdenesstudio.com/works4.html>>. Acesso em: 04 mar. 2023.
- DE WILDE, Frederik. Quantum Foam 2.0. Disponível em: <<https://frederik-de-wilde.com/project/quantum-foam-2/>>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- DI FELICE, Massimo. Net-ativismo: da ação social para o ato conectivo. São Paulo:

- Paulus Editora, 2018.
- _____. Ser redes: o formismo digital dos movimentos net-ativistas. *Matrizes*, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 49-71, jul./dez. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/issn.1982-8160.v7i2p49-71>>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- ESPARZA, Gilberto. *Plantas Nômadas*. 2013. Disponível em: <<http://www.plantasnomadas.com/>>. Acesso em: 03 mar. 2023.
- ESPRESSIF SYSTEMS. *ESP32 Technical Reference Manual: RNG*. [S. I.], 2019. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- GIANNETTI, Claudia. *Media sculpture: La condición cibernética*. *H-ART: Revista de Historia, Teoría y Crítica de Arte*, Bogotá, n. 12, p. 117-136, set. 2022.
- HOLO. *Vera Molnar — Weaving Variations*. HOLO, 2022. Disponível em: <<https://www.holo.mg/dossiers/vera-molnar-weaving-variations>>. Acesso em: 13 de jan. 2023.
- HUI, Yuk. *Exhibiting and sensibilizing: recontextualizing Les Immatériaux*. In: GARCIA, Tristan; NORMAND, Vincent (orgs.). *Theater, Garden, Bestiary: A Materialist History of Exhibitions*. Basel: Sternberg Press; ECAL/University of Art and Design Lausanne, 2019. p. 235-244.
- _____. *The Question Concerning Technology in China: an essay in cosmotechnics*. Glasgow: Urbanomic, 2016.
- JAREK, Leonardo Pelanda; FRANÇA, Sibilla Batista da Luz. *Estudo e implementação de um TRNG em hardware*. In: *SEMINÁRIOS DE MICROELETRÔNICA DO PARANÁ*, 5., 2022, Curitiba. *Anais dos Seminários de Microeletrônica do Paraná*. Curitiba: UFPR, 2022. v. 5. ISSN 2675-066X.
- JUSTI, Milena Cherubini. *Análise do uso de RTOS na implementação de controle supervisionado*. 2020. 73 f. *Dissertação [Mestrado em Engenharia Elétrica]*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/217369>>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- KRAUSS, Rosalind. *Passages in Modern Sculpture*. Cambridge, MA: MIT Press, 1981. ISBN 978-0262610339.
- LANGTON, Christopher G. *Artificial Life*. Redwood City: Addison-Wesley, 1989. (Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, v. 6).
- MARR, Alexander John. *Understanding automata in the Late Renaissance*. *Le Journal de la Renaissance*, v. 2, n. 1, p. 205-222, 2004. Disponível em: <<https://www.brepolsonline.net/doi/abs/10.1484/J.JR.2.300368>>. Acesso em: 20 de nov. de 2018.
- MATOS, Leandro. *Restaurar a diferença na sensibilidade: Deleuze crítico de Kant*. *Griot: Revista de Filosofia, Amargosa – BA*, v.22, n. 2, p.168-186, jun. 2022.
- MOELLER, Hans-Georg. *Luhmann Explained: From souls to systems*. Open Court, 2006.
- MORTON, Timothy. *O pensamento ecológico*. Tradução de Renato Prelorentzou. São Paulo: Quina Editora, 2023.
- NÓBREGA, Carlos Augusto Moreira da; MORSE, Fernanda; REZENDE, Renato. *Hiperorganismos: arte, tecnologia, coerência, conectividade e o campo integrativo*. São Paulo: Editora Circuito, 2023.
- NÓBREGA, Guto. *Pensando Hiperorganismos* In *Anais do 27º encontro da Associação Nacional dos Pesquisadores em Artes Plásticas*, 2018, São Paulo. *Anais do 27º encontro da Anpap*. São Paulo: Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Artes, 2018, p. 2552-2559.
- _____. *Breathing*. 2008. Disponível em: <<https://cargocollective.com/gutonobrega/Breathing>>. Acesso em: 18 fev. 2025.
- _____. *Para uma crítica da arte e seus objetos técnicos. Pensando fora da caixa (preta)*. *Arte & Ensaios*, [S.I.], v. 0, n. 28, p. 26-35, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/ae/article/view/20702>>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- OLIVEIRA, Andréia Machado. *Corpos associados: interatividade e tecnicidade nas paisagens da arte*. 2010. 252 f. *Tese (Doutorado em Artes Visuais) - Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre*, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/23137>>. Acesso em: 18 abr. 2023.
- _____. *Corpos associados: a arte e o ato de experienciar de acordo com Gilbert*

- Simondon. Informática na Educação: Teoria & Prática, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 101-114, jan./jun. 2012. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/InfEducTeoriaPratica/article/view/23456/19319>>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- OLIVEIRA, A. M.; FONSECA, Tania Mara Galli. Relações entre elemento e meio associado na arte digital. *Visualidades*, Goiânia, v. 8, n. 2, 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/VISUAL/article/view/18282>>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- PACHECO, A. O homem e a técnica em Bernard Stiegler. *Trans/Form/Ação*, Campinas, v. 44, n. Trans/Form/Ação, p. 163-184, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0101-3173.2021.v44dossier.09.p163>>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- PEREIRA, Carla Gomes. Propagação in vitro de musgos do Cerrado. 2019. xviii, 132 f., il. Tese (Doutorado em Botânica)—Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- PIMENTEL, Fernando S.. Os autômatos, a cibernetica e os modelos biológicos. *Ciência e cultura*, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 1582-1588, 1981. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327582872_Os_automatos_a_cibernetica_e_os_modelos_biologicos>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- REIS, Artur Cabral. <4RT3_NATUREZA> [Dissertação de Mestrado em Artes Visuais]. Universidade de Brasília, Brasília, 2020. 122 f., il.
- REIS, A. C. ; NOBREGA, C. A. M. da . Redes multissensoriais: Cultivando novas formas de sentir. *DRAMATURGIAS. REVISTA DO LABORATÓRIO DE DRAMATURGIA* (LADI-UNB) , v. 20, p. 625, 2022.
- REIS, Artur Cabral; VENTURELLI, Suzete. Flores de plástico não morrem: vida maquinica. In: GOBIRA, Pablo (org.). *Anais do Congresso Internacional de Arte, Ciência e Tecnologia e do 6º Seminário de Artes Digitais*. Belo Horizonte: Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais, 2021. p. 45-53. ISSN 2674-7847.
- REIS, Artur Cabral; VENTURELLI, S.; PRADO, G. . Sinais detectados entre o biológico e o maquinico. *DATJOURNAL DESIGN ART AND TECHNOLOGY*, v. 4, p. 117-127, 2019.
- JASSO, Karla. "Autosustentabilidade energética e vida simbiótica: plantas-em-nomadismo". *Textos Plantas Nómadas*, 2010. Disponível em: <<https://www.plantasnomadas.com>>. Acesso em: 20 fev. 2025.

- REYNOLDS, Craig. *Boids*. 2001. Disponível em: <<https://www.red3d.com/cwr/boids/>>. Acesso em: 25 abr. de 2019.
- SHIFFMAN, Daniel. *The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing*. New York: The Nature of Code, 2012.
- SIMONDON, G. Do modo de existência dos objetos técnicos. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 2020.
- _____. *L'amplification dans les processus d'information*. 1962. *Trans/Form/Ação*, v. 43, n. 1, p. 283-300, jan. 2020. Tradução de FERREIRA, P. P.; SMARIERI, E. Disponível em : <<https://doi.org/10.1590/0101-3173.2020.v43n1.16.p283>>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- _____. Sobre a tecno-estética: carta a Jacques Derrida. In: ARAÚJO, H. R. (Org.). *Tecnociência e Cultura*. São Paulo: Estação Liberdade, 1998. p. 253-266.
- _____. Sobre la técnica: 1953 – 1983. Buenos Aires: Cactus, 2017.
- SOLOMON, Jasia. *Cybernetic Serendipity: The Computer and the Arts*. Thames and Hudson, 1972. Disponível em : <<https://archive.org/details/cyberneticserendipity>> . Acesso em: 04 mar. 2023.
- SOMMERER, Christa; MIGNONNEAU, Laurent. «A-Volve». *Media Art Net*. 1993. Disponível em: <<http://www.medienkunstnetz.de/works/a-volve>>. Acesso em: 13 de ago. de 2019.
- SONTAG, Susan. *Ensaios Sobre a Fotografia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Arbor, 1983.
- STANLEY & STELLA IN BREAKING THE ICE(1987). *VintageCG*. 24 de ago. 2009. Video. 3m02s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3bTqWsVqyzE>>. Acesso em: 02 maio de 2019.
- TENHAAF, Nell. *As Art Is Lifelike: Evolution, Art, and the Readymade*. Leonardo. Vol. 31, No. 5, Sixth Annual New York Digital Salon, 1998. p. 397-404.
- VENTURELLI, Suzete. *Arte: espaço_tempo_imagem*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004.
- _____; MACIEL, M.. *Imagen Interativa*. Brasília: Edunb, 2008.
- WERNER, Liss C. *Cybernetic drawing: a unifying language of Pask's cybernetics and computer art in Germany*. *disérgo*, v. 1, n. 3, p. 109-118, dez. 2018

