

Ecossistemas da natureza e Ecossistemas digitais
Natural Ecosystems and Digital Ecosystems

Agda Carvalho¹
Viviane Tavares de Moraes²
Everaldo Pereira³
Jorge Kawamura⁴
Murilo Marcos Orefice⁵
Ana Paula Mendonça Alves⁶
Guilherme Ikeda⁷
Guilherme Menegasso⁸

Resumo

¹Docente e pesquisadora do Instituto Mauá de Tecnologia. Pós Doutora em Humanidades Digitais pela UFG e Pós Doutora em Artes pela Unesp. Doutora em Ciências da Comunicação ECA-USP. Mestre em Artes Visuais-UNESP. Líder do Grupo de Pesquisa LabDesign do Instituto Mauá de Tecnologia. Pesquisadora do PPG Arquitetura e Cidade da UVV – ES. Pesquisa Arte, Design e Ciência.

² Docente do Instituto Mauá de Tecnologia - Departamento de Engenharia Mecânica. Pós doutora em Engenharia Química, Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Mestrado e Doutorado no Departamento de Engenharia Metalúrgica pela Universidade de São Paulo. Líder do grupo de pesquisa de Ciência e Engenharia de Materiais do Instituto Mauá de Tecnologia, onde pesquisa sobre nanomateriais

³ Professor do Instituto Mauá de Tecnologia. Doutor em Comunicação Social pela Universidade Metodista de São Paulo, membro do grupo de pesquisa "LabDesign", da Mauá. Coordenador do Curso de Design do Instituto Mauá de Tecnologia, pesquisador associado ao Intercom - Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, e à Red de Investigadores de Diseño, Universidade de Palermo, com experiência nas áreas de Design, Comunicação e Marketing.

⁴ Professor do Instituto Mauá de Tecnologia. Engenheiro Eletricista formado pelo Instituto Mauá de Tecnologia. Mestre em Engenharia Elétrica pela Unicamp. Atua nas áreas de: Sistemas de Informação, PLM e Gestão de Sistemas Inteligentes de Produção com foco em Indústria 4.0. Experiência em: implementação, integração de sistemas; modelagem de dados; e colaboração de projetos institucionais.

⁵ Professor do Instituto Mauá de Tecnologia e da Faculdade Cásper Líbero. Doutorando em Design pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo (FAUUSP), mestre em Artes Visuais pelo Instituto de Artes da UNESP, membro do grupo de pesquisa "LabDesign" da Mauá. É artista, designer e ilustrador

⁶ Professora do Centro Universitário Senac. Mestre em design pela Universidade Anhembi Morumbi), especialista em docência no ensino superior e graduada em design de moda, habilitação em modelagem pelo Centro Universitário Senac, onde é coordenadora do curso de graduação em Design de Moda.

⁷ Mestre em Design pela Universidade Anhembi Morumbi. Graduação em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Mauá de Tecnologia (2016). Gerente do Fab-Lab Mauá do Instituto Mauá de Tecnologia.

⁸ Professor do Curso de Design do Instituto Mauá de Tecnologia. Mestre em Design pela Faculdade Anhembi Morumbi com pesquisa sobre impressão 3D e realidade aumentada. Pesquisa técnicas de fabricação digital.

O texto discute as relações entre os ecossistemas natural e digital na construção de experiências corpóreas no espaço, em um contexto marcado pela complexidade e instabilidade do mundo contemporâneo. A partir do biomimetismo, compreende a natureza como fonte de morfologias e sistemas adaptáveis que inspiram novas tecnologias e aplicações no cotidiano.

A reflexão aborda a transformação dos discursos sensoriais — tátil, sonoro e visual — e entende o espaço como um campo de significações produzido pelas práticas sociais. No diálogo entre design, arte e tecnologia, o corpo, mediado por estruturas baseadas na natureza, amplia sua percepção e redefine suas formas de interação. Observa-se que a experiência contemporânea exige uma reorganização sensorial e adaptativa do corpo, articulando natureza, tecnologia e espaço como sistemas complexos em constante transformação.

Palavras-chave: Ecossistemas naturais, Ecossistemas digitais, Biomimetismo, Experiência corpórea, Complexidade, Espaço.

Abstract

The text discusses the relationships between natural and digital ecosystems in the construction of embodied experiences in space, within a context marked by the complexity and instability of the contemporary world. Drawing on biomimicry, it understands nature as a source of morphologies and adaptive systems that inspire new technologies and everyday applications.

The reflection addresses the transformation of sensory discourses—tactile, sonic, and visual—and understands space as a field of meanings produced by social practices. In the dialogue between design, art, and technology, the body, mediated by structures inspired by nature, expands its perception and redefines its forms of interaction. It is observed that contemporary experience requires a sensory and adaptive reorganization of the body, articulating nature, technology, and space as complex systems in constant transformation

Keywords: *Natural ecosystems, Digital ecosystems, Biomimicry, Embodied experience, Complexity, Space.*

1. Introdução

A complexidade na articulação entre o ecossistema da natureza e o ecossistema digital percorre relações estabelecidas com os sistemas naturais e estruturas em que funcionalidade e visualidade se entrelaçam nos campos do design, da arte e da ciência. Nesse sentido, o texto transita pelo ecossistema da natureza e por suas possíveis conexões com o ecossistema digital no desenvolvimento de perspectivas que ampliem a experiência corpórea no espaço. “Especialmente agora, em tempos de realidade digital que nós mesmos fabricamos, percebemos que na verdade não a entendemos — não podemos lê-la, falá-la, cheirá-la, prová-la ou respirá-la (Naveau, 2024).” É fato que a natureza apresenta fenômenos que sinalizam possibilidades para estruturas complexas, adaptáveis e programáveis, desperta uma diversidade

de oportunidades formais e de interações, que levam a transformação do sentido das relações entre seres humanos e não humanos.

Este momento de desordem e imprevisibilidades, anunciadas pelos desdobramentos pós pandêmicos, em que os sistemas digitais e os microprocessos cotidianos estão impregnadas de complexidades, anunciam um mundo de constelações de significados. O trabalho percorre o biomimetismo, que busca extrair morfologias da natureza que possam ser adaptadas para novas tecnologias e gerar aplicações no cotidiano. A ideia central é que a natureza, imaginativa por necessidade, já resolveu muitos dos problemas que enfrentamos. (Shiyak, 2010). Neste sentido, o texto tem como objetivo refletir sobre sistemas complexos naturais e digitais para compreender a mudança dos discursos sensoriais - tátil, sonoro e visual. Visto que, o cotidiano plural se reorganiza, pois o corpo se adapta às distintas condições de sociabilidade, reveladas com a percepção do espaço e a potencialização dos sentidos com estruturas que convivem no espaço ou estejam acopladas no corpo, o que interfere na experiência social. O texto articula com Saramago (2008) e Massey (2008) para tratar do espaço como lugar de significações e interrelações. E o espaço cotidiano na visão Certeau “Espaço é o efeito produzido pelas operações que o orientam, o circunstanciam, o temporalizam e o levam a funcionar em unidade polivalente de programas conflituais ou de proximidades contratuais.” (2013, p.184). O percurso narrativo também passa pelo entrecruzamento dos campos de conhecimento da arte, do design e da ciência, em que projetos pensam a articulação de aparatos tecnológicos, baseados na natureza, e assim intensificam a experiência e desperta conjecturas com as estruturas, referenciadas na natureza, estas morfologias e soluções mecânicas e digitais, interferem e revelam outros significados perceptivos e funcionais. Considera-se então, nesta reflexão, que a experiência solicita a reorganização e articulação sensorial do corpo, nesta condição instável dos estímulos

externos cotidianos, pois o organismo reage, quando exposto às distintas situações espaciais, e apresenta uma ação/reação conjugada com a experiência. Neste sentido os diferentes ecossistemas da Natureza apresentem direcionamentos que são absorvidos e apreendidos para o enfrentamento e equilíbrio com os ecossistemas digitais.

Entre Ecossistemas

A reflexão se fundamenta em referenciais tanto em macroescala como em nanoescala para projetar superfícies, objetos e pensar em interfaces que apresentam características adaptáveis, interdependência dos componentes, os limites físicos e a autorregulação, características presentes no ecossistema natural. Neste sentido, o entendimento dos parâmetros da natureza que nos circundam é determinante para o desenvolvimento de estruturas biomiméticas pois “Son los cambios locales los que definen la capacidad de aprendizaje y de adaptación de los sistemas vivos.” (Maldonado, 2011, p. 216).

A compreensão destes aspectos nos sistemas naturais explicita as variações de interações com tecnologias digitais, um comportamento ajustável dos aspectos sensórios que visa desvelar o contexto da complexidade, por meio do cruzamento das características das sociedades contemporâneas com os sistemas naturais. “A biomimética (do grego bios = vida e mimesis = imitação) é a ciência e as artes para resolver problemas humanos, como é chamado de ‘design inspirado na natureza’. A ideia central é que a natureza, imaginativa por necessidade, já resolveu muitos dos problemas que se enfrenta.” (Shiyak, 2010). As adaptabilidades e autorregulação são os desafios que podem estar conectados com o uso de metamateriais para buscar uma superfície responsiva com referência ao ecossistema natural.

A discussão sobre o espaço, especialmente no contexto do desenvolvimento de superfícies biomiméticas aplicadas a superfícies inteligentes, ganha

densidade quando observada a partir das reflexões de Massey (2008) em que o espaço não é um cenário fixo ou passivo, mas sim um produto das inter-relações — uma construção dinâmica e em constante transformação. Já para Saramago (2008) o espaço emerge a partir do *Dasein*, ou seja, o modo como o ser humano habita, se orienta e se relaciona com o mundo. Trata-se da não existência do espaço “em si”; o que existe é o espaço enquanto vivido.

A visão dos autores reforça a importância de compreender o espaço como múltiplo, relacional e em fluxo, o que é essencial quando se pensar em tecnologias baseadas no biomimetismo que interagem com o corpo e o ambiente de maneira adaptativa.

Método e materialidade

A abordagem metodológica está fundamentada no processo colaborativo e multidisciplinar, que entrelaça arte, design e ciência para desvelar aspectos subjetivos, no contemporâneo, relacionado ao inesperado, que dialoga com a complexidade e “compreende incertezas, indeterminações, fenômenos aleatórios (Morin, 2005, p.33). É importante destacar a referência a adaptabilidade tão presente nos ecossistemas naturais, e como os distintos ecossistemas digitais nos solicitam este comportamento no cotidiano.

As pesquisas teóricas e as experimentações são determinantes para as decisões para a criação de estruturas que dependem dos materiais, dispositivos tecnológicos e a interação com o corpo no espaço. Deste modo é possível, elaborar estratégias e explorar soluções para implementar a inserção de tecnologia. O processo colaborativo e a vivência em laboratório são estratégias para buscar direcionamentos projetuais e decisões de integrar equipamentos na estrutura, utilizando sensores e atuadores para a experiência da conectividade com o foco no humano a partir de uma metáfora com seres não humanos.

Os processos e materialidades presentes no ecossistema digital são diversos, no caso de projetos que utilizam impressão 3D, a diversidade de materiais, cores e cargas que podem ser incorporadas a matriz polimérica, permitem a utilização de fibras naturais ou pigmentos em nanocarga por exemplo que possibilitam a

caracterização de propriedades e correlacioná-las as aplicações através do mapeamento da sua funcionalidade, como resistência mecânica, alongamento, diversidade cromática, condutividade elétrica, que abrem possibilidades para o relacionamento com a natureza.(Bolelli,et.al., 2022).

Natureza, biomimetismo e design

A biomimética é uma abordagem transdisciplinar que inspira soluções de design a partir das morfologias e funções presentes nos sistemas naturais. Essa perspectiva promove uma reflexão sobre a sustentabilidade e estimula a inovação ao interpretar os mecanismos da natureza — como as estratégias adotadas por organismos para agir diante de predadores — e traduzir esses princípios para o desenvolvimento tecnológico, incluindo a criação de mecanismos aplicados a dispositivos vestíveis que buscam representar ou replicar tais comportamentos. (Arruda, Palombini, 2024 e Pedersen Zari, 2007).

É importante destacar que as s imagens desses mecanismos podem ser realizadas de forma macroscópica, ou a olho nú, mas também podem ter uma investigação mais aprofundada por meio de imagens realizadas por microscópio 3D e microscópio eletrônico de varredura. Essa investigação permite a análise estrutural da natureza para a interpretação das propriedades dos mecanismos utilizados nos vestíveis.

Ressalta-se que, desde 1665, aspectos superficiais de organismo vivos são interpretados para o desenvolvimento de funcionalidades, são propostas que estão fundamentadas na bioinspiração. Com a tecnologias de microscopia, essa percepção foi ampliada, pois permite a visualização de estruturas que anteriormente eram inacessíveis, e agora apontam novas perspectivas com os dados visuais. Esse aprofundamento tem sido essencial para os estudos em biomimética, ao permitir a compreensão detalhada de mecanismos naturais que inspiram soluções inovadoras (MICROPHOTONICS, 2025).

Segundo Johnston (2024) as técnicas de microscopia permitem correlacionar as imagens, cristalografias, fases, estruturas, formas e os elementos químicos com as propriedades dos materiais, conectando assim a forma a sua funcionalidade.

Um exemplo é o estudo das asas de borboleta para entender o mecanismo de repelência da água da chuva durante o voo, assim somente após a análise minuciosa em microscópio eletrônico de varredura foi possível visualizar a rugosidade da superfície das asas, a regularidade e o formato, que permitia a formação de bolsões de ar entre as espécies de escamas que formavam as asas e que expulsava a gotícula de água da chuva (Picolo, et al., 2019).

Percebe-se, assim, que a natureza pode servir como inspiração para a conceituação da natureza digital. No entanto, esta vai além da simples imitação: nela, modelos podem ser simulados, otimizados e materializados para atender às demandas emergentes da nova realidade.

Considerações

Considera-se que a observação dos ecossistemas da natureza desperta e orienta decisões, ações e modos de fazer em processos colaborativos e multidisciplinares, pois auxiliam na compreensão de situações contemporâneas, em que os ecossistemas digitais interferem na complexidade cotidiana. Trata-se de uma reflexão que dialoga com o imprevisível e especula sobre a não linearidade dos acontecimentos que emergem nas experiências. Desta forma reconhece que essa perspectiva estabelece múltiplas conexões em um sistema amplo, integrado e interativo.

Deste modo, destaca-se a importância de pesquisas que enfoquem a conexão entre seres humanos e não humanos e apontem caminhos para o futuro, com o uso de tecnologias emergentes, e ainda, tratem da experiência perceptiva e da constante reorganização do mundo mediado por tecnologias. Enfim, que transcendem as observações naturais e proporcionem a reflexão de interfaces híbridas que se adaptem de formas responsivas às demandas do contemporâneo

Referências

Arruda, A. J. V., & Palombini, F. L. (Eds.). (2024). Biomimetics, biodesign and bionics: Technological advances toward sustainable development. Springer Nature. <https://link.springer.com/book/9783031513107>

Bolelli, R. M., Facca, C., Moraes, V. T., Lebrão, S. M. G., & Lebrão, G. W. (2022). Avaliação das propriedades mecânicas de PLA e ABS com diferentes reforços e cores produzido por FDM em impressora 3D. In Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECIMAT), Águas de Lindóia, Brasil.

Certeau, M. de. (2013). *A invenção do cotidiano: Artes do fazer*. Vozes.

Johnston, R. (2024). Correlative imaging as a prospecting tool for biophysics and bioinspiration. *Microscopy and Microanalysis*, 30(Suppl. 1), ozae044.469. <https://doi.org/10.1093/mam/ozae044.469>

Maldonado, C. E. (2021). *Las ciencias de la vida son ciencias de la complejidad*. Trepén.

Massey, D. (2008). *Pelo espaço: Uma nova política da espacialidade*. Bertrand Brasil.

Microphotonics. (2025, setembro 11). *Micro-CT applications for biomimicry studies*. <https://www.microphotonics.com/micro-ct-applications-for-biomimicry-studies/>

MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. 5. ed. Porto Alegre: Sulina, 2005.

Naveau, M. (2017). Ars Electronica Linz – “The longing for new worlds knows no bounds”. In J. Rogers, I. Papadimitriou, & A. Prescott (Eds.). BRIDGING OPEN BORDERS – V&A Digital Design Weekend London.

Pedersen Zari, M., & Storey, J. (2007). *An ecosystem-based biomimetic theory for a regenerative built environment*. In *Anais da Lisbon Sustainable Building Conference (SB07)*, Lisboa, Portugal.

Piccolo, N., De Moraes, V. T., Lebrão, G. W., & Lebrão, S. M. G. (2019). Sol-gel processed superhydrophobic plastic surfaces modified with perfluorooctyltriethoxysilane (POTS). *Materials Research*, 22, 1–10

SIIMI /prÁxis /2025

XII simpósio internacional de
inovação em mídias interativas

XII simposio internacional de
innovación en medios interactivos

XII international symposium on
innovation in interactive media

MAI
21-23
SP/BR

Saramago, L. (2008). A topologia do ser: Lugar, espaço e linguagem no pensamento de Martin Heidegger. Editora PUC-Rio; Edições Loyola.

Shiyak, A. U. (2010, maio/junho). Biomimetics: Engineering new textile. *Textile Today*. <https://www.textiletoday.com.bd/biomimetics-engineering-new-textile/>