



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

ISABELA MARIA RAPOSO MORONI

NATUREZA ESTRATÉGICA: a Biomimética para modelos de negócios

Recife

2025

ISABELA MARIA RAPOSO MORONI

NATUREZA ESTRATÉGICA: a Biomimética para modelos de negócios

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor.

Área de concentração: Planejamento e Contextualização de Artefatos

Orientador: Prof. PhD. Amilton Arruda

Recife

2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Moroni, Isabela Maria Raposo.

Natureza estratégica: a biomimética para modelos de negócios / Isabela Maria Raposo Moroni. - Recife, 2025.
212f.: il.

Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Design, 2025.

Orientação: Amilton Arruda.

1. Biomimética; 2. Design estratégico; 3. Sustentabilidade; 4. Modelos de negócios; 5. Inovação organizacional. I. Arruda, Amilton. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

ISABELA MARIA RAPOSO MORONI

“NATUREZA ESTRATÉGICA: A BIOMIMÉTICA PARA MODELOS DE NEGÓCIOS.”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, na área de concentração Planejamento e Contextualização de Artefatos, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Design.

Aprovada em: 21/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ney de Brito Dantas (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. André Menezes Marques das Neves (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Luiz Salomão Ribas Gomez (Examinador Externo)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Felipe Luís Palombini (Examinador Externo)
Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Antônio Roberto Miranda de Oliveira (Examinador Externo)
Universidade Federal de Campina Grande

DEDICATÓRIA



Gabriel e Maria Luísa

AGRADECIMENTOS

Minha mãe, Malu, você é a FORTALEZA da minha vida. Obrigada.

Ao meu pai, Iêdo, embora afastados, você é meu GUERREIRO. Obrigada.

À minha amiga, Carla Cristiane, a mulher guerreira, deficiente visual, um exemplo que nunca vou esquecer, sua força, agora no céu, lutando por nós em outra dimensão, questiono o porquê você foi embora tão cedo, quando nossas crianças não brincaram juntas, jamais entenderei. Obrigada por tudo.

Ao meu orientador, Prof. Amilton, uma profunda admiração. Obrigada por tudo!

Às minhas amigas, Lu, Cami, Mandoca e Tita, meu alicerce. Obrigada.

Ao Dr. Ricardo Oliveira (e equipe) e Dra. Renata Falcone (e equipe), minha gratidão, pela minha vida e da minha filha. Obrigada.

Marcelo e Flávia (PPGD Design), aos amigos do doutorado e do BIODESIGN, aos professores do PPGD, aos alunos da graduação em Design, aos amigos da vida, aos familiares próximos e distantes, à CAPES, meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Esta tese apresenta uma investigação teórica e prática sobre o conceito de modelo de negócio biomimético, propondo uma definição estruturada e explorando sua aplicação como uma resposta estratégica às crescentes demandas ambientais e sociais da contemporaneidade. Para tanto, realizou-se uma revisão teórica interdisciplinar que examinou a biomimética a partir de suas raízes filosóficas, éticas e históricas, além de identificar lacunas e descompassos que têm limitado sua adoção no campo empresarial. A análise evidenciou a necessidade de estabelecer fundamentos conceituais consistentes para os modelos biomiméticos, com base nas cinco dimensões propostas por Dicks (2023), que abrangem os aspectos ontológicos, epistemológicos, éticos, metodológicos e experienciais. Essa estrutura conceitual assegura uma interpretação coerente e integrada, orientando através de seus valores todas as camadas subsequentes que sustentam um modelo de negócio biomimético. Nesse contexto, a estruturação baseada no modelo *Beyond the Triple Bottom Line* de Szekely e Dossa (2017) que fornece um embasamento prático indispensável para compreender, planejar, projetar e executar a organizações biomiméticas a partir de uma perspectiva sustentável e inovadora. Nesse paradigma, cada componente: missão, visão, recursos, processos, produtos e serviços, está interligado e é traduzido a partir de funções, princípios e estratégias inspirados nos sistemas biológicos. Esses elementos não apenas criam novos sentidos e significados para as organizações biomiméticas, mas também evidenciam uma organização capaz de se alinhar rapidamente às dinâmicas de transformação do mercado. Utilizando uma abordagem qualitativa e exploratória, a pesquisa realizou estudos de caso de empresas pioneiras, aplicando análise de conteúdo para investigar as correlações entre discursos, informações, dados e práticas organizacionais. Essa investigação validou a relevância do modelo conceitual proposto e, simultaneamente, expôs lacunas que ainda desafiam sua consolidação no contexto empresarial, como, por exemplo, capacitação de profissionais em biomimética. Como contribuição, o trabalho apresenta diretrizes teórico-práticas para a estruturação de modelos de negócios biomiméticos, promovendo transformação organizacional e conectando inovação e sustentabilidade.

Palavras-chave: biomimética; design estratégico; sustentabilidade; modelos de negócios; inovação organizacional.

ABSTRACT

This thesis presents a rigorous theoretical and practical investigation into the concept of the biomimetic business model, proposing a structured definition and examining its application as a strategic response to the escalating environmental and social imperatives of contemporary society. To this end, an interdisciplinary theoretical review was conducted, critically analyzing biomimicry from its philosophical, ethical, and historical foundations while identifying gaps and misalignments that have hindered its adoption within the business domain. The analysis underscores the necessity of establishing robust conceptual foundations for biomimetic models, grounded in the five dimensions proposed by Dicks (2023), which encompass ontological, epistemological, ethical, methodological, and experiential aspects. This conceptual framework ensures a coherent and integrative interpretation, structuring all subsequent layers that underpin a biomimetic business model through its core values.

Within this context, the structuring of the model is anchored in the *Beyond the Triple Bottom Line* framework by Szekely and Dossa (2017), which provides an essential practical foundation for understanding, planning, designing, and implementing biomimetic organizations from a sustainable and innovation-driven perspective. In this paradigm, each component—mission, vision, resources, processes, products, and services—is intrinsically interconnected and translated through functions, principles, and strategies derived from biological systems. These elements not only redefine the conceptual and operational dimensions of biomimetic organizations but also highlight their capacity to dynamically align with evolving market transformations. Adopting a qualitative and exploratory approach, this research conducted in-depth case studies of pioneering enterprises, employing content analysis to investigate correlations among discourse, information, data, and organizational practices. The findings validated the relevance of the proposed conceptual model while simultaneously revealing persistent challenges to its full consolidation in the business context, such as the need for specialized professional training in biomimicry. As a scholarly contribution, this dissertation presents theoretical and practical guidelines for structuring biomimetic business models, fostering organizational transformation, and reinforcing the intersection between innovation and sustainability.

Keywords: biomimicry; strategic design; sustainability; business models; organizational innovation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS PUBLICAÇÕES NO PERÍODO ANALISADO (2016–2022)	17
FIGURA 2: BANCO DE DADOS BIOMIMÉTICO - ASK NATURE	18
FIGURA 3: ENFOQUES DA PESQUISA.....	22
FIGURA 4: ESTRUTURA DO RACIOCÍNIO INVESTIGATIVO - HIPÓTESES DA PESQUISA.....	24
FIGURA 5: DESENHO DA PESQUISA.....	25
FIGURA 6: MAPA SINTÉTICO DOS DADOS DA PESQUISA.....	35
FIGURA 7 - BIOMIMÉTICA E SUAS RELAÇÕES AO LONGO DO TEMPO	37
FIGURA 8 - DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA.....	39
FIGURA 9: DA PRÁTICA TÁTICA AO POTENCIAL ESTRATÉGICO DA BIOMIMÉTICA.....	41
FIGURA 10: BARREIRAS À ADOÇÃO DA BIOMIMÉTICA NAS ORGANIZAÇÕES	43
FIGURA 11: ÁREAS DISCIPLINARES QUE FUNDAMENTAM UM MODELO DE NEGÓCIO BIOMIMÉTICO	44
FIGURA 12: MODELO BIOMIMÉTICO DEFENDIDO POR BENYUS (2002).....	46
FIGURA 13: DESEQUILÍBRIO ENTRE EXPLORAÇÃO E REGENERAÇÃO	47
FIGURA 14: REPRESENTAÇÃO DA EMPRESA BIOMIMÉTICA COMO ARTICULADORA DE INOVAÇÃO SOCIAL	48
FIGURA 15: SÍNTese DINÂMICA DAS ORGANIZAÇÕES CONTEMPORÂNEA.....	52
FIGURA 16: SOLUÇÃO BIOMIMÉTICA DE RESFRIAMENTO PASSIVO PARA EDIFICAÇÕES.....	53
FIGURA 17: REPRESENTAÇÃO DA NATUREZA COMO MODELO, MEDIDA E MENTORA	55
FIGURA 18: PRINCÍPIOS DE BENYUS QUE USA OS PADRÕES DA VIDA COMO REFERÊNCIA DE AVALIAÇÃO.....	57
FIGURA 19: APLICAÇÕES PRÁTICAS POR BENYUS (2002) EMERGEM A PARTIR DOS FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS POR DICKS (2023)	58
FIGURA 20: EVIDÊNCIA DA BIOMIMÉTICA COMO CRIAÇÃO HUMANA EM CONTINUIDADE COM A NATUREZA.59	59
FIGURA 21 - EVOLUÇÃO COMERCIAL DO ROBÔ SPOT – DE ASSISTÊNCIA E RESGATE AO MILITAR	65
FIGURA 22: DIMENSÕES FILOSÓFICAS QUE FUNDAMENTAM A BIOMIMÉTICA	66
FIGURA 23 - <i>ESSENTIAL ELEMENTS (EETOOLS)</i>	68
FIGURA 24: INTEGRAÇÃO DAS DIMENSÕES FILOSÓFICAS DE DICKS (2023) AO FRAMEWORK DOS EETOLS	70
FIGURA 25 - <i>MUSHROOM PACKAGING</i>	71
FIGURA 26 – PROCESSO PRODUTIVO DA ECOVATIVE DESIGN.....	72
FIGURA 27: REPRESENTAÇÃO DA LACUNA DE TRADUÇÃO ENTRE A INSPIRAÇÃO BIOLÓGICA E A GERAÇÃO DE VALOR SUSTENTÁVEL NA BIOMIMÉTICA	74
FIGURA 28 - AS TRÊS CONCEPÇÕES DA INTERFACE ENTRE NEGÓCIOS, SOCIEDADE, NATUREZA	76
FIGURA 29: BIOMIMÉTICA E A VISÃO INCORPORADA (TRANSFERÊNCIA E TRANSPOSIÇÃO).....	77
FIGURA 30: ESPAÇO SEGURO E JUSTO PARA A HUMANIDADE ENTRE LIMITES SOCIAIS E ECOLÓGICOS (DOUGHNUT).....	80
FIGURA 31: RISCO DE GREENWASHING NA ADOÇÃO SUPERFICIAL DA CIRCULARIDADE	81
FIGURA 32: DIMENSÕES ESG COMO CRITÉRIOS MENSURÁVEIS DE IMPACTO CORPORATIVO.....	83
FIGURA 33: MODELO DE NEGÓCIO EMPRESA AQUAPORIN.....	86

FIGURA 34: ESTRUTURA E O FUNCIONAMENTO DA MEMBRANA AQUAPORIN INSIDE	87
FIGURA 35: PROPOSTA SUSTENTÁVEL DA AQUAPORIN.....	88
FIGURA 36 – PRODUTO EM COLABORAÇÃO E PARCERIAS COM OUTRAS EMPRESAS	89
FIGURA 37 – MATRIZ ESG COM DADOS REAIS DA EMPRESA	90
FIGURA 38: RESSIGNIFICAÇÃO DO CONCEITO TBL.....	93
FIGURA 39: COMPARAÇÃO CONCEITUAL ENTRE TBL E BTBL.....	95
FIGURA 40 - MODELO <i>BEYOND THE TRIPLE BOTTOM LINE</i> (BTBL)	97
FIGURA 41: CICLO DINÂMICO DE CRIAÇÃO DE VALOR REGENERATIVO (TBL X BTBL X BIOMIMÉTICA)	101
FIGURA 42: ESTRUTURA CONCEITUAL DA MISSÃO SUSTENTÁVEL BIOMIMÉTICA.....	102
FIGURA 43: MAPEAMENTO CONTEXTUAL DA ETAPA DIAGNÓSTICA DA MISSÃO SUSTENTÁVEL (CONTEXTO) ..	108
FIGURA 44: MAPEAMENTO CONTEXTUAL DA ETAPA DIAGNÓSTICA DA MISSÃO SUSTENTÁVEL (ATORES).....	108
FIGURA 45: DA ANÁLISE DO PROBLEMA À BIOMIMÉTICA (MUDANÇA DE PENSAMENTO).....	109
FIGURA 46: SARGASSUM E KELP, RESPECTIVAMENTE	119
FIGURA 47: PROCESSO BIOMIMÉTICO DA EMPRESA SOARCE	119
FIGURA 48: PRODUTOS DA EMPRESA	120
FIGURA 49: FLUXO METODOLÓGICO BIOMIMÉTICO	128
FIGURA 50: METODOLOGIA BIOMIMÉTICA SISTEMATIZADA.....	129
FIGURA 51: ABORDAGEM <i>BOTTOM-UP</i>	132
FIGURA 52: <i>TECHNOLOGY PULL INTERDISCIPLINARY BIOMIMETIC PROCESS</i> (TPIB).....	135
FIGURA 53: PRÍNCIPIOS DA VIDA	140
FIGURA 54: BIOMIMICRY THINKING.....	141
FIGURA 55: METODOLOGIA NATURE CARDS	143
FIGURA 56: METODOLOGIA B CORP	152
FIGURA 57: EXEMPLO HIPOTÉTICO DE AGENTES ESTRATÉGICOS	160
FIGURA 58: O MODELO DE NEGÓCIO BIOMIMÉTICO.....	164
FIGURA 59: TRABALHOS REALIZADOS PELO ATELIÊ	175
FIGURA 60: MISSÃO SUSTENTÁVEL DO ATELIÊ	176
FIGURA 61: PORTFÓLIO DE PRODUTOS DA ROSS LOVEGROVE.....	178

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: RECORRÊNCIA DE TERMOS DA PESQUISA	30
QUADRO 2: OS CRITÉRIOS DE INVESTIGAÇÃO ESSENCIAIS À DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DE SUSTENTABILIDADE	103
QUADRO 3: CRITÉRIOS BIOMIMÉTICOS PARA A MODELAGEM DE NEGÓCIOS	110
QUADRO 4: PROBLEMA X FUNÇÃO.....	113
QUADRO 5: PRINCÍPIOS NATURAIS X ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS.....	123
QUADRO 6: DIFERENTES NOMENCLATURAS DA ABORDAGEM TOP-DOWN	130
QUADRO 7: DIFERENTES NOMENCLATURAS DA ABORDAGEM <i>BOTTOM-UP</i>	133
QUADRO 8: DIFERENTES OS NÍVEIS HIERÁRQUICOS BIOLÓGICOS X METODOLOGIA BIOMIMÉTICA	138
QUADRO 9: REALINHAMENTO DAS PRÁTICAS DE INVESTIMENTO DA HONEYBEECAPITAL.....	146
QUADRO 10: INDICADORES-CHAVE DE DESEMPENHO (KPIs).....	152
QUADRO 11: EXEMPLOS DE PRÁTICAS ORGANIZACIONAIS COM BASE EM PRINCÍPIOS BIOMIMÉTICOS.....	157
QUADRO 12: EVIDÊNCIAS CASO MARKO BRAJOVIC.....	171
QUADRO 13: EVIDÊNCIAS CASO ROSS LOVEGROVE.....	178
QUADRO 14: EVIDÊNCIAS CASO TÁTIL DESIGN	183

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- B CORP** *Benefit Corporation*
- BTBL** *Beyond the Triple Bottom Line*
- CEO** *Chief Executive Officer*
- DDI** *Design Driven Innovation*
- EEtools** *Essencial Elements Tool*
- ESG** *Environmental, Social and Governance*
- ISO** *International Organization for Standardization*
- MNB** Modelos de Negócio Biomimético
- ODS** Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
- P&D** Pesquisa e Desenvolvimento
- TBL** *Tripple Bottom Line*
- TPIB** *Technology Pull Interdisciplinary Biomimetic Process*
- UFPE** Universidade Federal de Pernambuco
- WDO** *World Design Organization*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	19
1.2	OBJETIVOS DA PESQUISA	24
1.2.1	Objetivo geral	24
1.2.2	Objetivos específicos	24
1.3	PERSPECTIVAS ESPECÍFICAS DE ANÁLISE – ENFOQUES	25
1.4	HIPÓTESES DA PEQUISA	27
1.4.1	Hipótese principal	28
1.4.2	Hipóteses secundárias	28
1.5	METODOLOGIA GERAL DA PESQUISA	29
1.5.1	Coleta de dados	32
1.5.2	Análise de dados	34
1.5.3	Interpretação de dados	35
1.5.4	Escopo e limitações da pesquisa	38
1.5.5	Mapa Mental dos dados da pesquisa	39
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	40
2.1	A NATUREZA COMO PARADIGMA ORGANIZACIONAL	41
2.1.1	A relação entre humanidade, natureza e organizações	44
2.1.2	O pensamento biomimético ao longo do tempo	48
2.1.3	Da tradição ancestral ao pensamento sistêmico	52
2.1.4	Natureza modelo, medida e mentora de Janine Benyus	58
2.2	FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS DA BIOMIMÉTICA	61
2.2.1	As cinco dimensões de Henry Dicks	62
2.2.2	Integração Ontológica, Ética, Epistemológica e Técnica	64
2.2.3	<i>Pathos</i> mimético	67
2.2.4	<i>Ethos</i> Biomimético: O Princípio Organizador dos Modelos de Negócio	71
2.2.5	A Ecovative Design	75
2.3	CARACTERÍSTICAS DA BIOMIMÉTICA NAS ORGANIZAÇÕES	78
2.3.1	Ordenamento de Valores: Sustentabilidade, Bem-Estar e Objetivos Econômicos	82
2.3.2	Empresas ESG e a Biomimética	86
2.3.3	A Empresa Aquaporin	89
2.3.4	Para Além do <i>Triple Bottom Line</i>	96
3	MODELOS DE NEGÓCIOS BIOMIMÉTICOS	104
3.1	MISSÃO SUSTENTÁVEL	105
3.1.1	A identificação da necessidade de sustentabilidade	106
3.1.2	Ancoragem Biomimética	113
3.1.3	Síntese e Formulação da Missão Sustentável Biomimética	121
3.1.4	Formulação da Missão Sustentável Biomimética da empresa Soarce	121
3.2	VISÃO DE LONGO PRAZO	125
3.3	ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL	129
3.4	IMPLEMENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL	130

3.4.1	As estratégias da <i>HoneybeeCapital</i>	148
3.5	MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL E TRANSPARÊNCIA	153
3.6	ESCALABILIDADE E INOVAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE	163
3.7	MODELO DE NEGÓCIOS BIOMIMÉTICO SISTEMATIZADO	166
4	METODOLOGIA DA PESQUISA	169
4.1	CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DOS CASOS	169
4.2	CRITÉRIOS DE VALIDADE E CONFIABILIDADE	170
4.3	CRITÉRIOS DE ANÁLISE DE DADOS	171
4.4	CRITÉRIOS DE INVESTIGAÇÃO	172
5	ESTUDOS DE CASO	174
5.1	ATELIER MARKO BRAJOVIC	174
5.1.1	Evidências coletadas	174
5.1.2	Análise do caso	178
5.2	ROSS LOVEGROVE	181
5.2.1	Análise dos dados	184
5.3	TÁTIL DESIGN	187
5.3.1	Evidências coletadas	187
5.3.2	Análise dos dados	191
6	CONCLUSÃO	195
	REFERÊNCIAS	200

1 INTRODUÇÃO

*O que vivia dentro de mim era o sonho.
Contradições que a natureza criava: o invisível e o visível.
Cícero Dias*

O homem caminha na direção daquilo que olha ou do que sonha? Este fragmento de Cícero Dias captura a essência da dualidade da experiência humana: a tensão constante entre o real e o ideal, o visível e o que permanece oculto no horizonte dos desejos. A jornada humana se estrutura nessa alternância entre a concretização do tangível e a imaginação do intangível. Sonhar, nesse sentido, não se limita a escapar do real; é muito mais: é moldar o invisível em formas que reconfiguram o mundo, revelando as possibilidades latentes de um universo em transformação. É nessa tensão criativa entre sonho e realidade que se encontra a capacidade humana de ir além de seus limites, de reimaginar o possível e de projetar um futuro que - embora ainda intangível - já se insinua com clareza e intuição perspicaz (Dias; Massi, 2011).

Essas reflexões permeiam o debate contemporâneo sobre o papel do design na reconfiguração das relações entre natureza, sociedade e organizações. Nos modelos de negócio, assume uma função transformadora ao trazer à tona diferentes formas de interagir com a realidade, mediador do natural e artificial, do tangível e intangível, através do alinhamento projetual com um arcabouço ético, ecológico e social conectando as intencionalidades de responsabilidade, não somente as de mercado (Margolin, 2016).

Ao contemplar a tensão criativa entre sonho e realidade, equilíbrio e progresso, a biomimética se destaca como uma resposta instigante a essa reflexão. Ela se configura como uma ponte que interliga os desafios da humanidade e as soluções primordiais encontradas na natureza. Assim, pavimenta o caminho para a concretização de modelos de negócio que almejam a sustentabilidade a longo prazo.

Designers e empreendedores encontram na biomimética a capacidade de equilibrar suas decisões em princípios éticos que ressoam com os desafios de um mundo interconectado. Hutchins (2012) amplia essa visão ao propor uma definição das "empresas do futuro", caracterizadas por uma abordagem crítica e prospectiva para a evolução organizacional, com o objetivo de enfrentar os desafios sociais, econômicos e ambientais do século XXI. Essa transformação exige a reavaliação dos valores, da cultura organizacional e das práticas de

design e operação, direcionando as organizações para um modelo integrado e alinhado aos princípios da natureza.

Benyus (2002), na década de 90, já defendia a biomimética e o aprendizado com os princípios evolutivos da natureza para oferecer novas bases para repensar o papel das organizações na sociedade. Essa sua perspectiva propôs fundamentar a forma tangível das práticas organizacionais e os princípios intangíveis que as orientam, a fim de dialogarem no intuito de construir novos paradigmas.

Desse modo, compreender o que define um modelo de negócio biomimético é crucial para a presente análise. Tazzi (2017, p. 49) propõe uma reflexão provocativa: “O que aconteceria se fôssemos capazes de construir organizações tão fortes quanto conchas, criar laços tão resistentes quanto teias de aranha, alcançar coesão entre funções como crustáceos e criar automotivação que pudesse se nutrir como o chifre de um rinoceronte?”.

Essas analogias destacam a tradução dos princípios naturais em valores empresariais, em que cada elemento citado se tornam atributos essenciais do modelo de negócio: a força das conchas simboliza a robustez estrutural que protege as organizações contra pressões externas; as teias de aranha exemplificam a interconexão e flexibilidade necessárias para suportar mudanças dinâmicas; a coesão funcional dos crustáceos inspira a integração harmônica entre diferentes áreas de atuação; e a capacidade regenerativa do chifre de rinoceronte sugere a autorrenovação como elemento central para a sobrevivência organizacional.

Exemplos reais e práticos reforçam essa dinâmica. Isso se reflete na análise de empresas como a *HoneyBeeCapital*, a partir de um modelo tradicional para o biomimético, a autora afirmou que o sistema financeiro moderno se afastou de suas funções primárias, sendo sobrecarregado por ferramentas, processos e estruturas altamente mecanizados e desnecessariamente complicados (Collins, 2020).

A partir do estudo das abelhas, a autora mostrou como o design biomimético fortaleceu a cultura organizacional, o aprendizado coletivo e a adaptação em setores dinâmicos, inspirados na comunidade, desses organismos biológicos. A autora descreveu questões importantes do processo de mudança, ao promover soluções adaptativas e regenerativas, o reforço para a integração sistêmica, considerando a interconexão entre os componentes do sistema financeiro e o ambiente em que ele opera, bem como na elaboração de uma abordagem equilibrada e inspiradora para a sua sistemática organizacional.

Estudos recentes apontam que a biomimética tem o potencial de gerar soluções organizacionais que imitam dinâmicas naturais, promovendo um “sistema vivo” em contextos empresariais. Explica Olaizola *et al.* (2021) que organizações biomiméticas são capazes de se adaptar, evoluir em realidades de constantes mudanças e contribuir para a regeneração do ambiente em que estão inseridas. Aplicados ao contexto organizacional, esses fundamentos promovem a gestão baseada em equipes multidisciplinares, a visão de ecossistema e a liderança ética e distributiva.

No entanto, apesar de promissora, a consolidação de modelos biomiméticos enfrentam barreiras significativas, principalmente, teóricas e práticas que limitaram a sua consolidação na adoção de estratégias biomiméticas no campo empresarial. Isso levantou uma questão importante: quais são os fatores que impedem as empresas de ultrapassarem os limites das abordagens convencionais e concretizarem um modelo organizacional verdadeiramente integrado aos princípios da natureza, capaz de redefinir paradigmas econômicos, sociais e ambientais?

Entre os desafios mais evidentes está a complexidade da transferência de princípios biológicos para contextos organizacionais, além da sua escalabilidade. A exigência de abstração e adaptação desses conceitos para problemas técnicos específicos demanda não apenas expertise interdisciplinar, mas também a criação de uma infraestrutura colaborativa entre biologia e design. Esse processo é frequentemente limitado pela falta de métodos padronizados e ferramentas amplamente aceitas, dificultando a implementação de soluções práticas e escaláveis, especialmente em ambientes empresariais que requerem agilidade e resultados de curto prazo (Fayemi *et al.*, 2017).

Diante disso, a questão que guia esta pesquisa é: como a biomimética pode ser aplicada no desenvolvimento de modelos de negócios, a fim de (re)definir os paradigmas empresariais alinhados às dinâmicas naturais?

Nesse contexto, o estudo da biomimética como desdobramento do design estratégico torna-se relevante frente à necessidade urgente para contribuir na construção e reorganização de modelos de negócios para possibilitar uma operação em equilíbrio com a natureza.

Essa dualidade entre organização da natureza e organização empresarial, somada aos desafios contemporâneos enfrentados pelo design e pelos modelos de negócios, revela a urgência de investigar como a biomimética se desenha por esses caminhos. Essa necessidade fundamenta a relevância desta pesquisa e orienta sua justificativa.

Por fim, inspirando-se na visão poética de Cícero Dias¹, pede-se, mais uma vez, licença ao autor para apropriar-se de sua célebre frase e ressignificá-la para este contexto: "Eu vi o mundo... e ele começava na natureza". Esta é a síntese dessa jornada que propõe repensar as organizações como reflexos das dinâmicas naturais que moldam a existência. Nesse sentido, o trabalho é um convite para olhar para o futuro não como uma ruptura, mas como um retorno essencial, em que inovar é reencontrar a essência da existência, e o design biomimético se torna o fio condutor entre o que se cria e o que a natureza sempre soube.

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Diante desse contexto, torna-se pertinente a discussão sobre os desafios enfrentados por designers e empreendedores, imersos em uma era de contradições. De um lado, há o consumo desenfreado e os modelos econômicos tradicionais que fomentam a exploração excessiva de recursos; de outro, as pressões globais por práticas mais sustentáveis. Essas iniciativas apontam para a necessidade de um equilíbrio entre o que se projeta, produz, o progresso econômico e a preservação ambiental, desafiando as organizações a repensarem seus papéis.

Nesse cenário, expandir a teoria e a prática do design biomimético apresenta desafios significativos, especialmente pela ausência de diretrizes claras que orientem a implementação de tais conceitos em ambientes corporativos complexos. Embora a biomimética tenha sido amplamente discutida em contextos de design de produto, sua aplicação em modelos organizacionais permanece subexplorada, justificando a relevância deste estudo. Uma questão central, portanto, é não se limitar a "adotar práticas mais verdes", mas conduzir uma formulação ética que integre o humano, o social e o natural em uma rede coesa e indissociável de relações sustentáveis.

Sem dúvidas, a predominância de uma visão antropocêntrica e a prevalência de modelos econômicos lineares, que enxergam a natureza como um recurso a ser explorado, negligenciam a circularidade dos processos naturais. Indicadores de impacto social e ambiental,

¹ Cícero Dias, artista pernambucano, foi um dos expoentes do modernismo brasileiro, cuja obra transita entre o figurativo e o abstrato, mesclando influências do surrealismo e do cubismo. Seu trabalho é marcado por uma intensa relação com a memória, a paisagem e a cultura nordestina, "Eu vi o mundo... ele começava no Recife", tornou-se um ponto de referência na arte brasileira.

embora disponíveis, são frequentemente utilizados de forma superficial, contribuindo para práticas de *greenwashing* (Olaizola *et al.*, 2020).

Além disso, a resistência cultural e organizacional aliada à falta de interdisciplinaridade e de líderes éticos capazes de aprender com a natureza limita sua adoção. Por fim, modelos atuais, como a responsabilidade social corporativa e a economia circular, podem permanecer presos a essa perspectiva, minimizando danos à natureza, mas sem reconhecer seu valor intrínseco como um *stakeholder* essencial (Olaizola *et al.*, 2020).

Uma das questões relevantes é, também, o descompasso entre as agendas de biomimética e sustentabilidade e a dificuldade em alinhar os objetivos, metodologias e práticas desses dois campos. Na prática, muitas iniciativas biomiméticas concentram-se exclusivamente em aspectos técnicos e de inovação funcional, sem considerar os impactos ecológicos e sociais de suas aplicações. Além disso, observa-se uma fragmentação na adoção de métricas e critérios que avaliem a sustentabilidade das inovações baseadas na natureza, o que resulta em projetos que podem ser eficientes em termos de desempenho, mas carecem de uma integração com as demandas ambientais e sociais (Mead; Jeanrenaud, 2017; Tamayo; Vargas, 2019).

Por exemplo, enquanto a biomimética foca na emulação de processos naturais, como a autossuficiência energética ou a minimização de resíduos, sua aplicação frequentemente ignora os contextos mais amplos da justiça ambiental e das dinâmicas sociais associadas ao uso dessas tecnologias. Esse desalinhamento não apenas reduz o impacto potencial da biomimética no alcance de metas globais de sustentabilidade, mas também perpetua a percepção de que essas abordagens são alternativas de nicho, e não soluções para desafios sistêmicos (Mead, 2017; Jeanrenaud, 2017; Tamayo; Vargas, 2019).

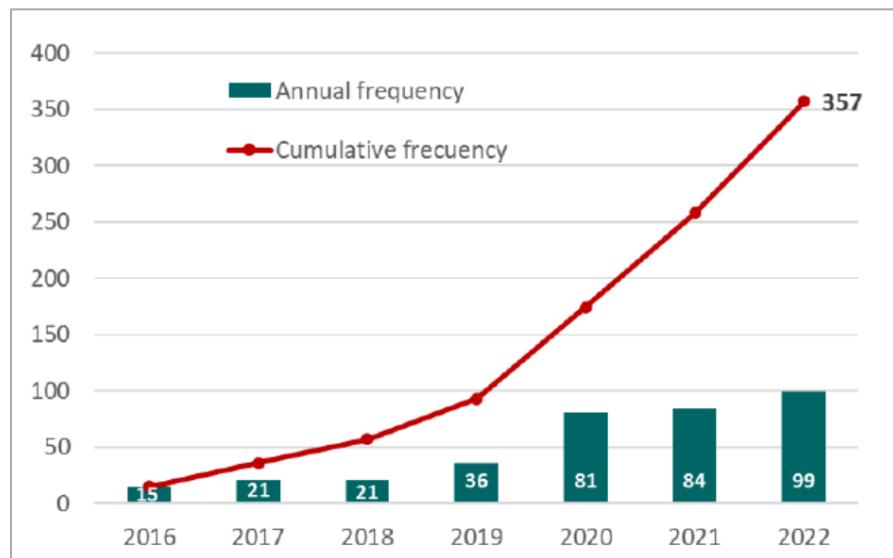
No entanto, essa realidade parece estar em processo de transformação. O avanço de políticas públicas globais voltadas à sustentabilidade e à ascensão de empresas orientadas por critérios ESG (ambiental, social e governança) apontam para um ambiente mais favorável à institucionalização da biomimética.

Somados a isso, a crescente exigência de transparência e responsabilidade ambiental nas práticas empresariais está levando organizações a repensarem suas operações, buscando inspiração em modelos naturais para desenvolver processos mais eficientes. Iniciativas como o Pacto Global da ONU e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) têm contribuído para a disseminação de uma cultura que valoriza a integração de princípios ecológicos e sociais na estratégia corporativa. Além disso, governos em várias regiões do mundo têm

implementado políticas públicas que incentivam a inovação sustentável, como subsídios para pesquisa e desenvolvimento (P&D) em tecnologias verdes, certificações ambientais e programas de fomento a soluções biomiméticas (Jornal Visão de Negócios, 2024; Pacto Global, 2024, Fermian Institute, 2013).

A Figura 1 reforça esse movimento ao evidenciar a expansão expressiva da produção científica relacionada ao tema nos últimos anos, com um crescimento anual que revela o amadurecimento e a consolidação desse campo de estudos. Embora haja uma ligeira estabilidade entre 2020 e 2021, consequência direta das restrições impostas pela pandemia de COVID-19 às atividades presenciais de pesquisa e às redes de colaboração, observa-se uma retomada significativa em 2022, quando o número de publicações atinge seu maior patamar no período analisado (Domingo-Posada et al, 2024).

Figura 1: Distribuição anual das publicações no período analisado (2016–2022)



Fonte: Domingo-Posada et al (2024)

Esse comportamento sugere que o interesse acadêmico em torno de práticas sustentáveis, inovação orientada pela natureza e integração dos ODS na estratégia organizacional acompanha a intensificação das demandas sociais e institucionais por responsabilidade ambiental, convergindo com a ampliação de políticas públicas e incentivos que estimulam agendas de sustentabilidade.

Ao adotar uma abordagem mais coordenada e integrada, empresas, governos e universidades podem trabalhar em conjunto para desenvolver metodologias claras e aplicáveis que tornem a biomimética acessível e escalável. A criação de redes colaborativas, como o movimento *Biomimicry Global Network*, também desempenha um papel fundamental ao promover a troca de conhecimento e práticas bem-sucedidas em diferentes contextos culturais e econômicos (Biomimicry Institute, 2024).

Outro aspecto relevante é o papel das tecnologias na expansão e democratização do design biomimético. Para acelerar a identificação e tradução de princípios naturais para o desenvolvimento de soluções inovadoras, o *AskNature* (Figura 2) é uma plataforma desenvolvida pelo *Biomimicry Institute* que fornece acesso a um vasto repositório de informações sobre estratégias naturais e suas possíveis aplicações tecnológicas, permitindo que designers, engenheiros, pesquisadores e empreendedores (Ask Nature, 2024).

Figura 2: Banco de dados Biomimético - Ask Nature



Fonte: AskNature (2024)

Vicent *et al.* (2006) aprofundaram o tema e constataram que, na época do desenvolvimento do estudo, apenas 12% dos princípios observados na natureza foram transferidos para a tecnologia, evidenciando o vasto potencial ainda inexplorado pela biomimética. Nas últimas décadas, porém, a aplicação desses princípios expandiu-se para além da engenharia e do design, influenciando também modelos de negócio. Estima-se que, em 2023, cerca de 35-40% das estratégias biomiméticas identificadas estejam sendo integradas a sistemas empresariais, conforme destacado pelo Biomimicry Institute (2024).

Apesar do progresso, conforme aquele instituto, mais de 60% das estratégias naturais seguem subutilizadas, a adoção ainda é limitada por barreiras culturais e métricas tradicionais de lucro, exigindo uma reestruturação de valores corporativos e sua incorporação em seus modelos de negócio, reforçando que a próxima fronteira da inovação empresarial reside não apenas em copiar a natureza; mas, sim, em coevoluir com ela.

Paralelamente, o avanço de tecnologias complementares, como impressão 3D, inteligência artificial e modelagem paramétrica, tem facilitado a prototipagem e a fabricação de soluções biomiméticas. O uso combinado dessas tecnologias não apenas acelera o desenvolvimento de inovações, mas também reduz custos, tornando a biomimética mais acessível para um número maior de organizações.

No contexto social, a biomimética também tem o potencial de promover inclusão e justiça social. Projetos que utilizam princípios biomiméticos podem ser adaptados às realidades locais, aproveitando recursos disponíveis de maneira sustentável e respeitando as especificidades culturais.

Vezzoli e Manzini (2008) propõe uma visão estruturante de reorganização do design sustentável aos sistemas de produção e consumo para integrar o tangível – produtos e tecnologias, ao intangível, cultura, valores e comportamentos sociais. Essa abordagem ancorada na circularidade, na colaboração multissetorial e no engajamento ético, revela os caminhos para redesenhar as bases de interação entre humanidade, empresas e natureza, ressignificando o impacto ambiental, social e econômico em toda a cadeia de valor.

Fernhaber e Stark (2019) argumentam que o "modo de teorização baseado na biomimética" não se limita apenas à análise e compreensão de fenômenos empresariais já existentes, mas também pode ser uma ferramenta para imaginar e moldar novas formas de empreendedorismo.

Esses autores sugerem que há uma interseção rica entre biologia e empreendedorismo, com potencial para troca de *insights*. Por exemplo, princípios como a simbiose (cooperação entre espécies) podem ser aplicados a modelos de negócios colaborativos. No entanto, alertam para os riscos do uso exagerado e superficial de metáforas biológicas, como "ecossistemas empresariais", sem uma compreensão aprofundada dos conceitos. Uma aplicação inadequada dessas metáforas pode gerar confusão ou expectativas irreais sobre o funcionamento de organizações e mercados, comprometendo a eficácia e a relevância dessas analogias.

Essa pesquisa se justifica, portanto, ao buscar ampliar a compreensão teórica da biomimética como abordagem estratégica - como contribuição científica - e propor diretrizes práticas que superem os desafios de sua aplicação no cenário empresarial. A complexidade das interações entre natureza, design e modelos de negócios exige uma abordagem interdisciplinar que conecte o pensamento biológico ao estratégico.

Com isso, pretende-se que este estudo contribua para a formulação de alicerces conceituais e práticos que consolidem a relevância da biomimética como um diferencial social, sustentável e inovador, posicionando-a como uma ferramenta promissora para os modelos de negócios.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Este trabalho tem como objetivo (ou seja, organizar de forma lógica, clara e estruturada) os conhecimentos sobre a biomimética, reconhecendo-a como uma extensão natural e estratégica do design. Isso implica em estruturar a teoria existente para evidenciar tanto suas potencialidades quanto os desafios inerentes à sua aplicação neste contexto.

Ao explorar essa relação, a pesquisa investiga como a biomimética pode inspirar novas abordagens no desenvolvimento de modelos de negócios. Esses modelos - compreendidos como representações estruturadas da lógica pela qual uma organização cria, entrega e captura valor - desempenham um papel central na definição de estratégias e operações organizacionais, sendo reinterpretados à luz do design biomimético

1.2.1 Objetivo geral

Sistematizar a biomimética na perspectiva de modelos de negócios.

1.2.2 Objetivos específicos

- 1) Contextualizar historicamente as contribuições teóricas, científicas e práticas que fundamentaram a evolução da biomimética, evidenciando suas diferentes dimensões de aplicação, desde as perspectivas ancestrais até os contextos contemporâneos;
- 2) Analisar as percepções e interpretações da natureza no design biomimético e nas práticas empresariais, considerando um panorama histórico e contemporâneo;
- 3) Identificar as dimensões teóricas que contextualizam e fundamentam a estruturação de modelos de negócios biomiméticos, destacando os pontos mais relevantes para sua aplicação prática;

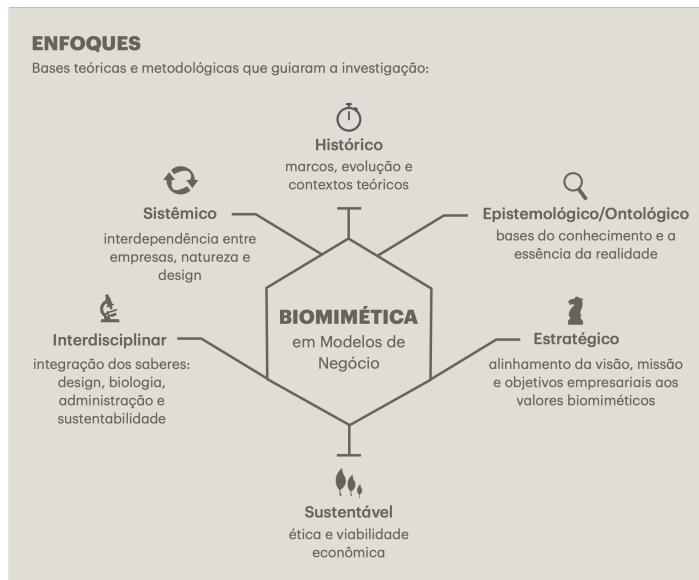
- 4) Examinar as barreiras e desafios enfrentados pelas organizações na adoção de práticas biomiméticas, considerando fatores culturais, econômicos, políticos e organizacionais;
- 5) Desenvolver um *framework* teórico para modelos de negócios biomiméticos;
- 6) Analisar a realidade organizacional e as características distintivas de empresas biomiméticas, por meio de estudos de caso que evidenciem suas práticas, estratégias, impactos e a aplicação da biomimética em seus contextos;

1.3 PERSPECTIVAS ESPECÍFICAS DE ANÁLISE – ENFOQUES

Os enfoques representam os ângulos ou perspectivas utilizados para abordar um problema de pesquisa. De acordo com Lakatos e Marconi (2003, p. 111), "os métodos de procedimento muitas vezes são utilizados em conjunto, com a finalidade de obter vários enfoques do objeto de estudo". Isso significa que, ao definir os enfoques, são estabelecidas as bases teóricas e metodológicas que guiarão a investigação. Assim, conforme os autores, o planejamento de enfoques torna-se essencial para delimitar o tema e facilitar uma análise mais precisa, conduzindo a uma melhor compreensão do objeto investigado.

Neste trabalho, conforme a Figura 3 serão adotados sete enfoques distintos para abordar o problema de pesquisa, cada um com o objetivo de iluminar diferentes dimensões do objeto de estudo e proporcionar uma compreensão ampla. Esses enfoques foram selecionados a partir de uma análise da literatura, levando em consideração a relevância e a pertinência de cada perspectiva no contexto da investigação proposta.

Figura 3: Enfoques da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

A seguir, cada enfoque será descrito detalhadamente, destacando suas características principais, sua fundamentação teórica e a forma como contribuirão para os objetivos gerais e específicos da pesquisa. São eles:

- 1) Enfoque sistêmico: analisa os modelos de negócio como componentes de um sistema integrado, enfatizando a interdependência entre empresas, natureza e design, que interagem de forma dinâmica e não podem ser compreendidos isoladamente;
- 2) Enfoque epistemológico e ontológico: este enfoque investiga as bases do conhecimento (epistemologia) e a essência da realidade (ontologia) relacionadas à biomimética e sua integração em modelos de negócios;
- 3) Enfoque histórico: analisa a trajetória histórica e o impacto da biomimética nos modelos de negócio, destacando os marcos e contextos significativos que fundamentaram seu arcabouço teórico;
- 4) Enfoque estratégico: examina como a biomimética transforma os modelos de negócio, adaptando-os para operar em conformidade com sua lógica singular. Por meio do design estratégico, busca-se alinhar visão, missão e objetivos empresariais aos valores biomiméticos, promovendo uma integração que permeia toda a organização e que reflete a dinâmica dos seres vivos;

- 5) Enfoque interdisciplinar: a abordagem da tese baseia-se na integração de saberes provenientes de áreas como design, biologia, administração, economia e sustentabilidade; e
- 6) Enfoque sustentável: no sentido de sustentabilidade, implica em evidenciar o paradoxo da ética e viabilidade econômica.

1.4 HIPÓTESES DA PEQUISA

A formulação de hipóteses é essencial para estruturar o raciocínio investigativo em pesquisas científicas, especialmente quando o estudo se fundamenta em conceitos complexos e interdisciplinares, como a biomimética no design estratégico. As hipóteses representam um elo entre a teoria e a prática, permitindo ao pesquisador propor relações que podem ser empiricamente testadas, enquanto ampliam a compreensão sobre os fenômenos analisados. Segundo autores como Marconi e Lakatos (2003) e Gil (2017), as hipóteses organizam e direcionam a pesquisa, conectando-a a um quadro teórico e possibilitando a interpretação de dados e a validação de modelos.

No contexto desta tese, as hipóteses foram formuladas para investigar como a aplicação de princípios biomiméticos no design estratégico pode contribuir para o desenvolvimento de modelos de negócios que equilibram sustentabilidade, inovação e viabilidade econômica.

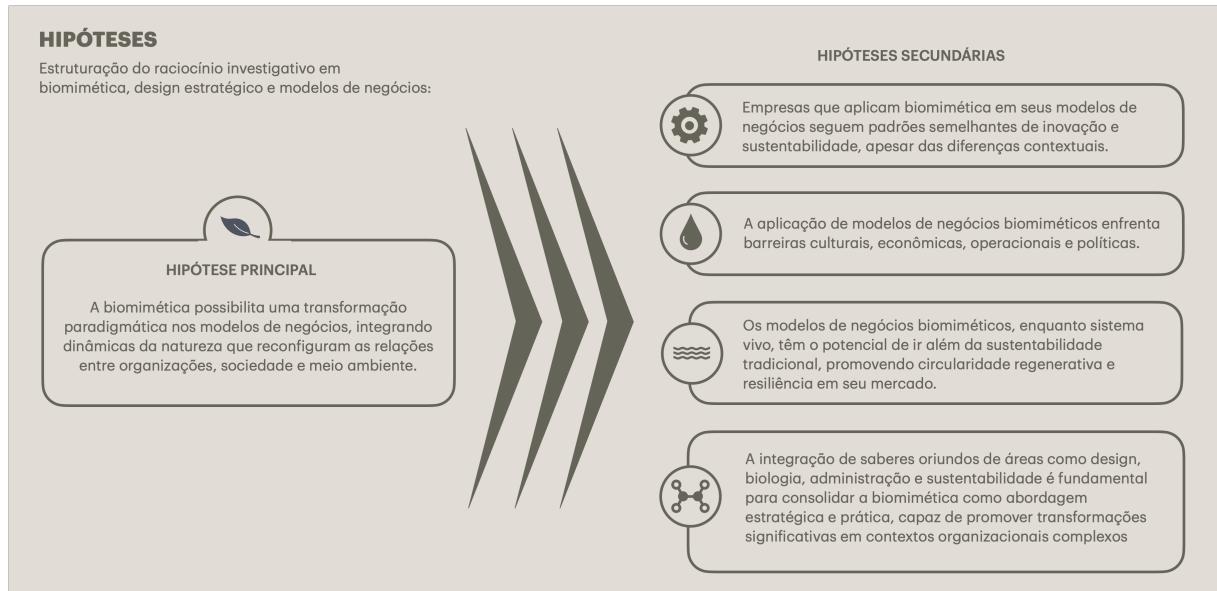
A hipótese principal sugere que a biomimética, ao se integrar às práticas organizacionais, promove um equilíbrio estratégico entre aspectos ambientais, sociais e financeiros.

Já as hipóteses secundárias detalham essa interação, apontando, por exemplo, para a redução do impacto ambiental por meio de práticas biomiméticas, o aumento da eficiência operacional baseado em princípios naturais, a promoção de inovação e competitividade por meio de soluções inspiradas na natureza e a viabilidade econômica de tais práticas a longo prazo.

Essas hipóteses orientam a pesquisa ao conectar teoria e prática, alinhando os paradigmas biomiméticos às necessidades contemporâneas de organizações. A Figura 4 ilustra a estrutura conceitual que orienta este raciocínio investigativo. O diagrama é dividido em duas

seções principais: a "Hipótese Principal" e as "Hipóteses Secundárias", que desdobram e detalham os pressupostos subjacentes à pesquisa.

Figura 4: Estrutura do Raciocínio Investigativo - Hipóteses da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

1.4.1 Hipótese principal

A biomimética possibilita uma transformação paradigmática nos modelos de negócios, integrando dinâmicas da natureza que reconfiguram as relações entre organizações, sociedade e meio ambiente.

1.4.2 Hipóteses secundárias

- 1) Empresas que aplicam biomimética em seus modelos de negócios seguem padrões semelhantes de inovação e sustentabilidade, apesar das diferenças contextuais;
- 2) A aplicação de modelos de negócios biomiméticos enfrenta barreiras culturais, econômicas, operacionais e políticas;
- 3) A integração de saberes oriundos de áreas como design, biologia, administração e sustentabilidade é fundamental para consolidar a biomimética como abordagem estratégica e prática, capaz de promover transformações significativas em contextos organizacionais complexos

estratégica e prática, capaz de promover transformações significativas em contextos organizacionais complexos; e

- 4) Os modelos de negócios biomiméticos, enquanto sistema vivo, têm o potencial de ir além da sustentabilidade tradicional, promovendo circularidade regenerativa e resiliência em seu mercado.

1.5 METODOLOGIA GERAL DA PESQUISA

A presente investigação adota um desenho metodológico qualitativo, exploratório e orientado por múltiplos estudos de caso, com o objetivo de analisar a aplicação da biomimética no desenvolvimento de modelos de negócios, tal como esquematizado na Figura 5.

Figura 5: Desenho da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

Justifica-se tal método, a partir das motivações a seguir:

- a) Razão acadêmica e alinhamento com a Linha de Pesquisa: o grupo de pesquisa Biodesign da UFPE tem se destacado nos últimos anos por sua produção acadêmica em áreas como metodologias biomiméticas, desenvolvimento de biomateriais, design paramétrico e a aplicação de tecnologias 3D em projetos inspirados pela natureza. Além disso, tem promovido avanços significativos no entendimento e aplicação de conceitos como bioinspiração e biofilia, contribuindo para um diálogo interdisciplinar entre design, tecnologia, ciência e sustentabilidade. A imersão nesse ambiente acadêmico foi a base para o desenvolvimento deste estudo, garantindo sua relevância científica e metodológica. Nesse contexto, as bases do método biomimético desenvolvidas pelo Professor Amilton Arruda desempenharam um papel central, orientando a estrutura conceitual da pesquisa;
- b) Razão pessoal e profissional: com formação acadêmica em Administração e Design, aliada a uma trajetória profissional diversificada em setores como tecnologia, engenharia e consultoria estratégica, este estudo reflete a convergência entre vivências práticas e fundamentos teóricos. Essa combinação de conhecimentos e experiências proporcionou uma perspectiva singular, permitindo articular conceitos de gestão estratégica e design de maneira integrada à abordagem biomimética explorada nesta pesquisa. Por meio da identificação de lacunas teóricas e práticas, foi possível propor contribuições que ampliam a compreensão acadêmica e oferecem soluções aplicáveis no contexto empresarial;
- c) Razão inspiracional e empírica: uma das motivações centrais para este estudo surgiu de uma percepção pessoal acerca do potencial transformador da biomimética no contexto organizacional, evidenciada pelas práticas inovadoras de empresas como o Atelier Marko Brajovic e a Tátil Design, inicialmente. O Atelier Marko Brajovic, empresa biomimética que desenvolve projetos arquitetônicos, de design e *branding*, mostrou uma realidade prática de um modelo de negócio guiado por valores, estratégias e cultura organizacional biomiméticos. Paralelamente, a Tátil Design, sob a liderança de seu CEO Fred Gelli – reconhecido como um disseminador da biomimética no Brasil –, adota fundamentos dessa abordagem que permeiam sua filosofia de design e práticas organizacionais. A atuação da Tátil destaca a interação entre design sustentável e estratégias de *branding*, demonstrando como os princípios bioinspirados e

biomiméticos podem ser incorporados para criar conexões emocionais profundas entre marcas, consumidores e o meio ambiente. A estrutura organizacional da empresa merece destaque por seu caráter interdisciplinar e pelo engajamento na interseção entre natureza e marcas, um exemplo de vanguarda de práticas sustentáveis no *branding*, promovendo um modelo de negócios que valoriza tanto os aspectos tangíveis quanto os intangíveis do design. Além disso, a Tátil utiliza diversas plataformas digitais para divulgar conteúdo prático e valioso, compartilhando suas ideias e promovendo discussões sobre do tema.

A escolha do desenho metodológico qualitativo, exploratório e orientado por múltiplos estudos de caso encontra respaldo nas razões expostas anteriormente, embasando-se em teorias amplamente reconhecidas na pesquisa científica, tais quais:

- a) A abordagem qualitativa foi adotada por sua adequação ao estudo de fenômenos complexos, permitindo compreender as nuances das práticas organizacionais associadas à biomimética. Segundo Gil (2002), a pesquisa qualitativa é essencial quando o objetivo é explorar um campo em desenvolvimento ou fenômenos pouco investigados, como é o caso da aplicação da biomimética em modelos de negócios;
- b) Lakatos e Marconi (2003) reforçam que uma pesquisa exploratória é particularmente útil para construir hipóteses iniciais e identificar variáveis que podem influenciar o fenômeno em análise, contribuindo para o avanço teórico e prático;
- c) O método de múltiplos estudos de caso foi escolhido para capturar a complexidade e diversidade das práticas biomiméticas em diferentes contextos organizacionais. Yin (2009) argumenta que essa abordagem permite não apenas a análise em profundidade de cada caso, mas também a comparação entre eles, o que contribui para a replicação teórica e a identificação de padrões gerais. A razão inspiracional e empírica assegura a conexão do estudo com práticas reais e inovadoras, ilustradas pelos multicasos selecionados. Essa estratégia é especialmente valiosa para investigar como princípios biomiméticos são adaptados às realidades específicas de organizações pioneiras, como o Atelier Marko Brajovic e a Tátil Design, para formular proposições que possam ser aplicadas a outros contextos;
- d) A razão acadêmica e alinhamento com a linha de pesquisa fundamenta a relevância teórica e metodológica, permitindo explorar o potencial da biomimética em um campo interdisciplinar que conecta design estratégico aos modelos de negócio; e

- e) A razão pessoal e profissional fortalece a abordagem qualitativa ao incorporar uma perspectiva prática e reflexiva.

Assim, a adoção de um método qualitativo, exploratório e de múltiplos estudos de caso, justificado por Gil (2002), Lakatos e Marconi (2003) e Yin (2009), fornece os subsídios metodológicos necessários para investigar a aplicação da biomimética no desenvolvimento de modelos de negócios e práticas organizacionais. Esse desenho metodológico possibilita a construção de um arcabouço teórico-prático que não apenas contribui para o campo acadêmico, mas também oferece relevância para a prática empresarial.

1.5.1 Coleta de Dados

A coleta de dados nesta pesquisa foi projetada para superar as limitações impostas pela pandemia, pelos recursos disponíveis e questões relevantes pessoais, utilizando predominantemente fontes digitais e documentais. O objetivo foi garantir a abrangência e a profundidade necessárias para investigação, considerando as restrições práticas do projeto, que se manifestam na fundamentação teórica e na aplicação da teoria de modelos de negócios sustentáveis *Beyond the Triple Bottom Line* (BTBL).

No que tange à pesquisa documental e online, a maior parte dos dados foi obtida por esse meio de pesquisa, abrangendo as seguintes fontes:

- a) Livros e artigos acadêmicos: estudos sobre biomimética, design estratégico, gestão da inovação, design sustentável, gestão empresarial, teoria sistêmica e modelos de negócios foram coletados em bases de dados acadêmicos amplamente reconhecidas, como *Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar* e *ScienceDirect*, *Jstor*;
- b) Relatórios organizacionais e documentos corporativos: relatórios anuais, estratégias de sustentabilidade, estudos de caso e projetos específicos disponibilizados publicamente pelas empresas analisadas;
- c) Publicações midiáticas e jornalísticas: notícias e reportagens em veículos confiáveis, destacando as práticas organizacionais e inovações relacionadas à biomimética; e
- d) Plataformas digitais, multimídia e sociais: vídeos e entrevistas com CEOs e líderes das empresas foram acessados em canais como *YouTube*, *Vimeo*, *TED Talks*, *Instagram* e *websites* oficiais e institucionais. Esses conteúdos proporcionaram informações detalhadas diretamente dos principais atores, substituindo as entrevistas presenciais.

Em relação às bases de dados acadêmicas, as pesquisas em bases de dados gerais como *Scopus*, *Web of Science*, e *Google Scholar* foram importantes para obter artigos científicos, teses e publicações que conectassem temas como sustentabilidade, biomimética, design biomimético, design estratégico, inovação, gestão empresarial, design organizacional, modelos de negócio e gestão do design. São temas bastante explorados em sua individualidade, no entanto, apresentam complexidade quando abordados em conjunto. Também, foi surpreendente o uso da biblioteca digital JSTOR e a indexação do periódico *Design Issue*, além de periódicos acadêmicos em diversas áreas do conhecimento, como ciências sociais, humanas, biológicas e tecnológicas.

Já a dimensão relatórios de empresas e documentação pública é constituída por relatórios corporativos e documentos disponibilizados pelos exemplos aplicados e multicasos, analisados para compreender as estratégias organizacionais e os resultados alcançados, bem como a incidência teórica na prática. Esses documentos ofereceram evidências quantitativas e qualitativas sobre a integração da biomimética em seus modelos de negócios, relevantes à pesquisa.

As razões para a que esta estratégia de coleta de dados tenha sido realizada se justifica por essas razões:

- a) Acessibilidade: durante a pandemia e por questões pessoais, as limitações de deslocamento e de recursos financeiros exigiram uma adaptação para o uso de fontes digitais amplamente acessíveis;
- b) Riqueza de conteúdo digital: a crescente disponibilidade de entrevistas, vídeos e documentos *online* ofereceu um vasto conjunto de dados relevantes, compensando a ausência de visitas e entrevistas diretas;
- c) Interdisciplinaridade: a combinação de fontes acadêmicas, corporativas e digitais permitiu uma visão integrada do tema, abrangendo dimensões teóricas e práticas; e
- d) Confiabilidade e triangulação: o cruzamento de informações provenientes de diferentes fontes garantiu a consistência dos dados analisados.

Nesse contexto, essa estratégia permitiu que a pesquisa capturasse uma ampla gama de informações, superando os desafios impostos pelas circunstâncias, e assegurou que os resultados fossem embasados em evidências confiáveis e relevantes.

1.5.2 Análise de dados

A análise dos dados coletados nesta pesquisa qualitativa metodológica, adotando os princípios da análise de conteúdo, conforme descritos por Marconi e Lakatos (2003). O objetivo foi sistematizar, interpretar e extrair significados das informações oriundas de diversas fontes, com vistas à construção de padrões, categorias e inferências relevantes sobre o cenário da biomimética em modelos de negócios.

A organização de dados, através dos resultados das pesquisas por macro categorias como sustentabilidade, biomimética, design biomimético, design estratégico, inovação, gestão empresarial, design organizacional, modelos de negócio e gestão do design, evidenciou padrões, excluindo seu contexto ou setor de aplicação, evidenciou recorrências de temas, para tanto, foram selecionados os temas com maior potencial para gerar subsídios e contribuir para a tese, conforme abaixo:

Quadro 1: Recorrência de termos da pesquisa

Recorrência de termos da pesquisa	
Princípios da natureza	Inovação baseada na natureza
Estratégias da natureza	Estratégias circulares
Inovação Biomimética	Resiliência empresarial
Analogias funcionais	Problemas socioambientais
Modelos de negócio sustentáveis	<i>Tripple Bottom Line (TBL)</i>
Metodologias biomiméticas	Materiais bioinspirados
Sustentabilidade organizacional	Economia circular

Fonte: Elaborado pela autora

A partir da recorrência de temas e visando aprofundar a análise e identificar nuances relevantes para a pesquisa, procedeu-se à expansão em subtemas. Foi realizada através da revisão da literatura especializada, bem como da análise de exemplos de caso de empresas que aplicam a biomimética em seus modelos de negócio.

A título de ilustração, o tema “Inovação Biomimética” foi expandido nos seguintes subtemas:

- Processo de inovação biomimética: etapas e metodologias para aplicar a biomimética na criação de novos produtos, serviços ou processos;

- b) Tipos de inovação Biomimética: inovação de produto, serviço, processo e organizacional, diferenciando-as quanto ao foco e impacto;
- c) Benefícios da inovação Biomimética: vantagens como sustentabilidade, eficiência, performance e diferenciação no mercado; e
- d) Desafios da inovação Biomimética: dificuldades como a identificação de soluções na natureza, a adaptação para a aplicação em contextos específicos e a validação da eficácia.

A sistematização dos subtemas revelou a complexa relação entre a biomimética, a inovação e a sustentabilidade nos modelos de negócio, as lacunas, bem como importantes desdobramentos.

1.5.3 Interpretação de dados

A análise de conteúdo permitiu de forma eficaz e alinhada aos objetivos da pesquisa qualitativa exploratória. Essa estratégia baseia-se em metodologias descritas por autores como Bardin (1977), Lakatos e Marconi (2003) e Creswell e Creswell (2023), que detalham processos qualitativos de organização e interpretação de dados.

Essa etapa foi crucial para avaliar os cenários e contextos da biomimética, caracterizado pela capacidade de observar, aprender e realizar traduções análogas para obter estratégias inovadoras e sustentáveis, bem como suas lacunas e desafios para ser implementada a nível de modelo de negócio.

A interpretação dos dados documentais também se fundamentou em uma análise comparativa com diferentes autores que propõem a biomimética como um modelo estratégico. Por exemplo, verifica-se como os princípios de otimização ecológica (como minimizar o desperdício) são aplicados nas empresas e se estas práticas refletem uma abordagem genuinamente biomimética ou apenas um discurso adaptado, com base nas perspectivas de diferentes autores.

Vale ressaltar a identificação de lacunas e contradições como um aspecto crítico da interpretação entre o discurso organizacional e a prática. Se uma empresa destaca “inovação inspirada pela natureza”, mas suas práticas refletem apenas ações superficiais ou isoladas, isso sugere uma apropriação limitada ou simbólica dos princípios biomiméticos. Essas contradições

são relevantes para avaliar a consistência da aplicação da biomimética nos modelos de negócios.

Outro aspecto interessante da análise de conteúdo foi a possibilidade de definir o alinhamento de perspectivas e conhecimento referente ao processo de integrar perspectivas sobre a natureza da realidade (ontologia) e as formas de adquirir conhecimento (epistemologia), cujo objetivo de compreender e estruturar fenômenos de maneira fundamentada. Essa construção implica redefinir como percebe-se e interage-se com o mundo, alinhando o "ser" (o que algo é, ontologia) e o "saber" (como aprende, epistemologia) para criar novos modelos ou práticas baseados em princípios e conceitos sólidos e coerentes.

Nesse sentido, a partir da perspectiva ontológica, pode-se compreender que no contexto da biomimética as organizações são compreendidas como sistemas vivos, semelhantes a ecossistemas naturais. Ontologicamente, isso implica uma mudança na forma como percebe-se a essência de um modelo de negócio ou uma organização. De uma entidade estática e isolada, a organização passa a ser vista como um sistema dinâmico, interconectado e em constante adaptação com seu ambiente interno e externo. Em outras palavras, uma organização que aplica princípios biomiméticos busca estruturas descentralizadas, assim como ocorre em um ecossistema. Isso reflete "um ser" (o modelo de negócio) que prioriza interdependência e resiliência, características de sistemas vivos. Portanto, essa visão é filosófica e redefine o propósito e o funcionamento das organizações, necessitando ser difundida, para que os designers, sobretudo, entendam a lógica de sustentabilidade da biomimética.

Quanto aos aspectos epistemológicos, a biomimética sugere um modelo de aprendizagem organizacional baseado na observação e na imitação da natureza². Isso significa que o conhecimento organizacional não é apenas técnico, mas adaptativo e derivado da interação com sistemas naturais. Assim, isso propõe um novo paradigma de aprendizado, em que a natureza é entendida como uma a fonte legítima de conhecimento estratégico. A partir dessas razões, percebe-se a, principalmente, a necessidade de elaborar bases éticas e filosóficas para a incorporação desses conceitos na teoria biomimética.

Outro aspecto importante é em relação ao próprio desenho e estruturação de modelos de negócios, no caso, a análise das metodologias existentes e consolidadas. Foram analisados

² Cf. Benyus (2002) em sua obra "A natureza como modelo".

três modelos, cuja aplicação prática e conceitual está validada em diferentes tipos e dimensões empresariais. São eles:

- a) *Business Model Canvas* (BMC) de Osterwalder e Pigneur (2010): estrutura os principais blocos de um modelo de negócios (segmentos de clientes, proposta de valor, canais, relacionamentos, recursos-chave, atividades-chave, parcerias-chave, estrutura de custos e fontes de receita). Visa contribuir com clareza e padronização para a elaboração e comunicação de modelos de negócio de maneira rápida e coesa;
- b) *Strategy Design Toolbox* (SDT) apresentada por Wittmann *et al.* (2019): projetada para alinhar empresas ao seu ambiente competitivo, com o objetivo central de criar valor equilibrado para *stakeholders*. Baseia-se nos princípios de *Design Thinking* (Brow, 2009) e oferece suporte para analisar, inovar e implementar estratégias de negócios. Sua estrutura é composta por sete perspectivas (criar orientação, compreender os desenvolvimentos, refletir posições, projetar vantagens, engajar pessoas, realizar valor e navegar pelo sucesso) que se desdobram em 28 ferramentas.
- c) *Beyond the Triple Bottom Line* (BTBL) de Szekely e Dossa (2017): estruturado em oito etapas que auxiliam empresas a transformar suas organizações em empresas sustentáveis (missão de sustentabilidade, visão de longo prazo, estratégia de sustentabilidade, implementação da estratégia, medição do desempenho, transparência e prestação de contas, escalabilidade, inovação em sustentabilidade).

A escolha pela BTBL se justifica pelos seguintes aspectos:

- a) Ênfase na sustentabilidade integrada: diferente do BMC, que foca na estruturação de modelos de negócios de forma linear, e do SDT, que enfatiza a adaptação estratégica em ambiente competitivo, o BTBL propõe um modelo que rompe o paradigma do tradicional tripé da sustentabilidade. Ele não trata a sustentabilidade como um elemento adicional, mas sim como o eixo central para a concepção e evolução dos negócios;
- b) Convergência com a biomimética organizacional: o BTBL propõe uma abordagem integrada e circular para modelos de negócios, o que ressoa diretamente com visão da biomimética;
- c) Foco em transformação organizacional: o BTBL estrutura um processo de transformação organizacional com foco em todos os envolvidos, principalmente a natureza;

- d) Longo prazo e impacto sistêmico: o BTBL incorpora visão de longo prazo, inovação e escalabilidade, aspectos que dialogam com os modelos de negócios inspirados na natureza; e
- e) Criticidade e possibilidades de expansão: a Biomimética aborda em seu contexto, promove uma expansão e inovação, para além de incorporar a sustentabilidade, também como isso será feito pela perspectiva do design estratégico e biomimético, contribuindo para o seu aprimoramento.

1.5.4 Escopo e limitações da pesquisa

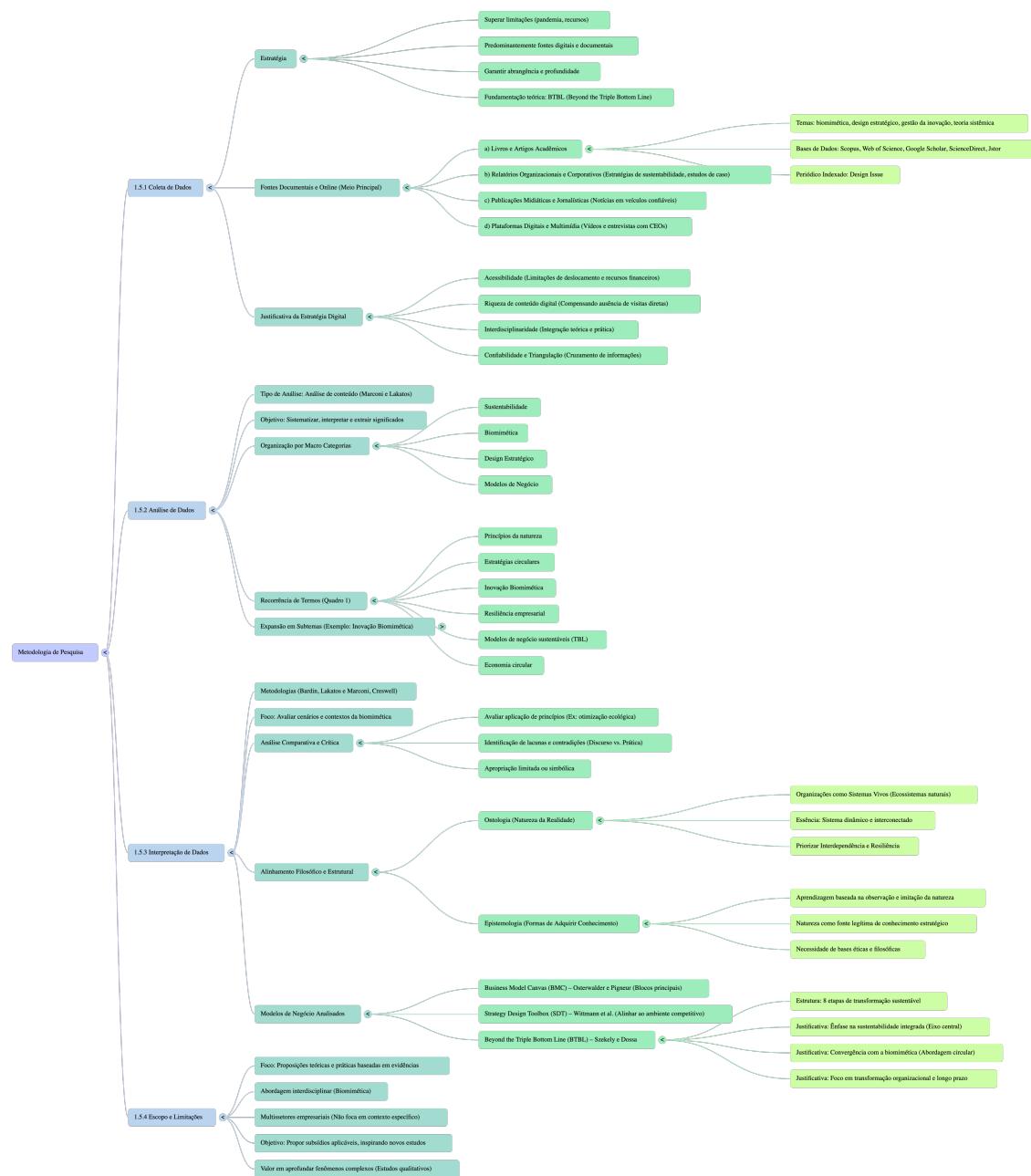
Embora esta pesquisa tenha como foco a aplicação da biomimética, reconhece-se que sua força está em fornecer proposições teóricas e práticas baseadas nas evidências. Como destacado por Benyus (2002) e Harman (2014), a biomimética é uma abordagem rica e interdisciplinar, cujas soluções precisam ser adaptadas aos contextos específicos de cada organização. Considera-se, aqui, portanto, multisetores empresariais, não evidenciando a ocorrência da biomimética em um contexto específico.

Ao invés de buscar generalizações amplas, o objetivo da pesquisa é propor subsídios aplicáveis e fundamentados, capazes de inspirar novos estudos e práticas. Como argumenta Yin (2009), o valor de estudos qualitativos está na capacidade de aprofundar o entendimento de fenômenos complexos. Assim, esta pesquisa oferece um arcabouço teórico e aplicável, sustentado por casos relevantes, e serve como uma base para futuras investigações e inovações no campo da biomimética.

1.5.5 Mapa Mental dos dados da pesquisa

Representação sintética (Figura 6) das etapas de coleta, análise, interpretação e síntese dos dados, organizada em categorias, procedimentos e referenciais teóricos que estruturam o desenho metodológico do estudo.

Figura 6: Mapa sintético dos dados da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

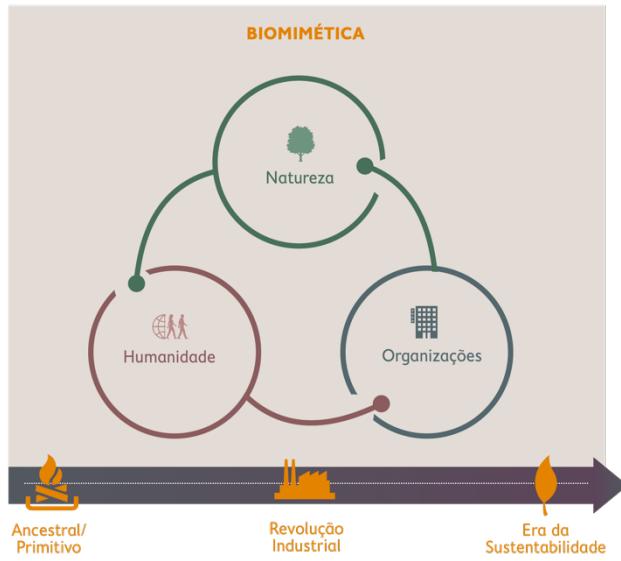
A natureza não coloca todos os seus ovos em uma única cesta. Em vez disso, ela fornece uma miríade de meios alternativos à prova de falhas para satisfazer cada função (Fuller, 2002, p. 343, tradução nossa).

A fundamentação teórica desempenha um papel central na construção desta pesquisa acadêmica, uma vez que oferece os alicerces conceituais necessários para o desenvolvimento e a análise do problema investigado. Assim, busca estabelecer relações entre diferentes perspectivas, teorias e abordagens que sustentam a argumentação central deste estudo (Marconi; Lakatos, 2003).

Justifica-se, sobretudo, pelo ineditismo desta pesquisa, que se propõe a estruturar uma área de conhecimento ainda fragmentada, unindo o design estratégico, a biomimética e os modelos de negócios organizacionais. Ao abordar uma temática emergente, a fundamentação teórica atua como um eixo integrador, conectando saberes interdisciplinares e conferindo coerência à análise dos conceitos e práticas investigadas. Esse esforço de sistematização é fundamental para preencher lacunas e propor um modelo teórico que fortaleça o diálogo com a prática.

Neste contexto, torna-se crucial, porque não se limita a sustentar as reflexões centrais deste trabalho a partir da atualidade, mas busca, na história e nas origens da relação entre a humanidade, as organizações e a natureza (Figura 7), uma base para compreender o que é, de fato, a biomimética e como ela deve ser aplicada. Em vez de apenas adaptar-se a conceitos preexistentes para facilitar a compreensão, esta seção trilha um caminho distinto, explorando as raízes que moldaram a biomimética e ressaltando sua crescente relevância frente a uma realidade marcada por desafios ambientais, sociais e econômicos.

Figura 7 - Biomimética e suas relações ao longo do tempo



Fonte: Elaborada pela autora

2.1 A NATUREZA COMO PARADIGMA ORGANIZACIONAL

Desde os primórdios, a prática empresarial foi marcada por uma relação utilitarista com a natureza, inicialmente como um meio de sobrevivência e, posteriormente, como fonte de recursos para o desenvolvimento de produtos, tecnologias e sistemas voltados à melhoria da qualidade de vida. Essa trajetória, como apontado por Farnsworth (2021), reflete uma evolução na percepção da natureza: de uma fonte inesgotável de recursos para uma entidade finita, cuja exploração excessiva gerou impactos significativos sobre pessoas, sociedades e o meio ambiente.

É evidente que essa "melhoria da qualidade de vida" apresenta-se como um paradoxo. Se, por um lado, os avanços tecnológicos e empresariais promoveram inegáveis benefícios, por outro, levantam questionamentos fundamentais: até que ponto essas inovações realmente atendem às necessidades humanas? Não estariam, em alguns casos, perpetuando dinâmicas de alienação na experiência cotidiana?

Essa alienação é tanto individual (ligada ao trabalho ou ao consumo) quanto coletiva (afetando o equilíbrio com a natureza e a sociedade). O "paradoxo da qualidade de vida" evidencia uma ideia de que o progresso material pode coexistir com impactos negativos no bem-estar humano, no meio ambiente e nas dinâmicas sociais, bem como uma consequência

da trajetória tecnológica e empresarial, em que o foco em produtividade e inovação pode obscurecer necessidades humanas intangíveis como conexão, propósito e equilíbrio ecológico.

Do ponto de vista individual, Fuller (1983) faz uma constatação interessante sobre a intuição humana, ele afirma que é uma habilidade essencial para conectar à sua essência e à compreensão do mundo. Ele observa que “intuição é a mais importante faculdade que posso” e critica o fato de que, em um mundo cada vez mais guiado por tecnologia, ela tem sido negligenciada, especialmente no âmbito científico e tecnológico do século XX: “no mundo da ciência e da tecnologia dos anos 1920, a intuição tornou-se quase uma “palavra suja” (Fuller, 1983, p. 10).

Fuller (1983) argumenta que as crianças nascem com um potencial intuitivo inato, mas são “desgenializadas” por pais bem-intencionados, que moldam seus comportamentos para se adaptarem aos sistemas socioeconômicos predominantes, sobre isso ele afirma:

Estou convencido de que toda criança nasce um gênio. A maioria é "desgenializada" por pais amorosos que temem que a iniciativa inspirada na genialidade de seus filhos possa colocá-los em problemas com o sistema socioeconômico em que vivem. [...] A intuição frequentemente transforma sonhos em fatos demonstráveis (Fuller, 1983, p. 10, tradução nossa).

Assim como pais podem, de forma não intencional, desencorajar a intuição das crianças ao priorizarem soluções lógicas e pré-formatadas, as práticas empresariais modernas frequentemente reprimem a “intuição” dos ecossistemas naturais por meio da destruição ambiental, exploração intensiva de recursos e intervenções tecnológicas que desestabilizam o equilíbrio natural.

Sobre essa perspectiva coletiva, Fred Gelli, em sua palestra no *Web Summit Lisbon 2023*, destacou que “a intuição é uma competência essencial que tem sido negligenciada em meio à obsessão por eficiência algorítmica e tecnologia” (Gelli, 2023).

A intuição natural, desenvolvida ao longo de milhões de anos, permitiu à humanidade interagir com o ambiente de forma sustentável, utilizando os sentidos para interpretar padrões climáticos, prever comportamentos ecológicos e tomar decisões que considerassem a interdependência dos elementos da natureza. Contudo, Gelli (2023) alerta que a dependência crescente de tecnologias como aplicativos de navegação e inteligência artificial pode levar à atrofia dessas habilidades essenciais (Figura 8). “Hoje, delegamos decisões fundamentais a

algoritmos, como caminhos a seguir ou até mesmo escolhas de vida e perdemos parte de nossa conexão com o mundo natural" (Gelli, 2023).

Figura 8 - Dependência tecnológica



Fonte: Banco de imagem Unsplash e Google Imagens (2024)

Essa perda de conexão é impactante na sustentabilidade. Práticas empresariais que priorizam a eficiência econômica frequentemente ignoram os limites regenerativos dos ecossistemas, agravando a crise ambiental. A exploração descontrolada de recursos e a destruição de habitats são exemplos de como a "intuição" da natureza – ou sua capacidade de autorregeneração e equilíbrio – é suprimida em nome do progresso. Nesse sentido, Gelli destaca que, assim como na natureza, a descentralização e a diversidade são princípios fundamentais para a resiliência. "A concentração de poder, seja em ecossistemas ou em decisões corporativas, é contrária às estratégias naturais de sobrevivência" (Gelli, 2023).

Somados a isso, a valorização da intuição humana está diretamente ligada à capacidade de aprendizado por meio de erros, um aspecto muitas vezes ignorado na cultura empresarial contemporânea. Gelli (2023) argumenta que se vive sob uma "ditadura da perfeição", onde a experimentação e a falha são desencorajadas, limitando a inovação e a criatividade. Nesse contexto, ele afirma que "a intuição pode nos levar a erros, mas é exatamente nesses erros que encontramos as maiores oportunidades de aprendizado e inovação".

Essa reflexão sobre o progresso e a qualidade de vida evidencia a crise de sentidos que permeia as organizações contemporâneas, respaldada, por sua vez, em seus modelos de negócio, que desempenham um papel crucial ao conduzir as organizações a um propósito, uma missão e uma visão estratégica. Assim como essa realidade problemática impacta diretamente a natureza e a vida humana, culminando na perda de habilidades essenciais, também resulta

em organizações desprovidas de sentido e de significados intangíveis, afastando-as de valores humanos e de conexão com o ambiente e a sociedade.

Nesse contexto, Fuller finaliza seu pensamento: “a vida começa com a consciência, e sem alteridade não há consciência. A vida começa quando você sai – sai da interioridade e do útero e se torna interioridade e exterioridade e auto-observador” (Fuller, 1983, p. 18), convidando à reflexão sobre a restauração da consciência e, consequentemente, a intuição, para reconhecer as oportunidades das interconexões entre a vida humana e o ambiente natural e social, além de tudo que o cerca. De forma complementar, Gelli destaca que “precisamos resgatar nossa sensibilidade e espiritualidade para garantir que a tecnologia trabalhe a nosso favor e não o contrário” (Gelli, 2023), clamando também um resgate que reconecte os processos produtivos à humanidade e aos valores essenciais.

Por fim, a biomimética ensina que a natureza é, por essência, intuitiva, e seu conhecimento, gerado pela sua perspicácia, apresenta uma lógica aplicável aos negócios, permitindo que as organizações compreendam e integrem seus pilares fundamentais. Assim como Fuller argumenta que as crianças, com seu potencial intuitivo inato, são “desgenializadas”, pode-se dizer que a natureza também é frequentemente silenciada e subestimada pelos modelos convencionais de negócio. Nesse sentido, a biomimética atua como “o resgate” mencionado pelos autores, ao revelar e tornar compreensíveis os processos silenciosos da natureza nas organizações.

2.1.1 A relação entre humanidade, natureza e organizações

Essa capacidade de revelar e traduzir os ensinamentos da natureza para contextos organizacionais depende de uma análise fundamental, que busca identificar os pilares que sustentam a biomimética nos modelos de negócio. Esses fundamentos não apenas estruturam essa abordagem, mas, também, fornecem diretrizes essenciais para interpretar e aplicar as lições que a natureza oferece ao desenvolvimento de empresas biomiméticas.

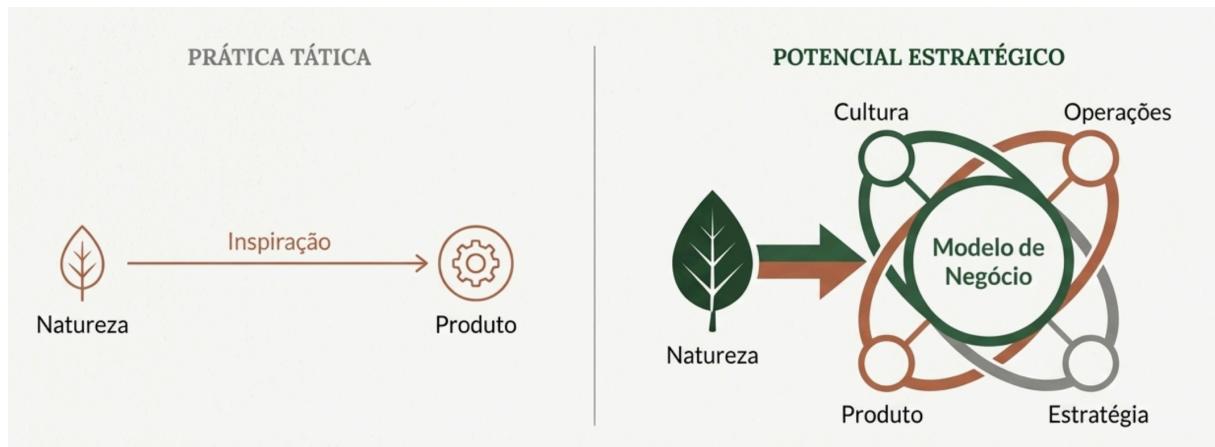
Assim, ao longo da trajetória histórica, busca-se resgatar as inúmeras lições — tanto positivas quanto negativas — que constituem um legado a ser minuciosamente examinado. Como destaca Farnsworth (2021), esses eventos históricos possuem a capacidade de inspirar e impulsionar ações, sublinhando a importância de compreender a lógica subjacente às múltiplas

interpretações que fundamentam a relação entre a natureza no contexto do design biomimético e das organizações.

Inserir a biomimética de forma estruturada em modelos de negócios não se trata apenas de uma compreensão superficial de certos princípios, comumente adotada essa abordagem, sendo necessário a adaptação desses conceitos às dinâmicas e necessidades específicas das organizações. Superar a visão da biomimética como uma inspiração pontual e posicioná-la como um guia estratégico que reconfigure práticas organizacionais e promova um alinhamento entre valores naturais e objetivos econômicos.

A Figura 9 ilustra uma comparação entre abordagens de inspiração na natureza: à esquerda, o uso tático da biomimética restrito ao nível do produto e à direita, a ampliação estratégica que integra natureza, cultura organizacional, operações, estratégica e produto como influências sistêmicas no modelo de negócio.

Figura 9: Da prática tática ao potencial estratégico da biomimética



Fonte: Elaborado pela autora

Em outras palavras, a biomimética revela a sua essência como um sistema estratégico, onde cada forma, processo e interação oferecem respostas precisas e sustentáveis para os desafios humanos. Assim, a natureza, reinterpretada pelo design, torna-se um instrumento de aprendizado e inovação alinhado aos princípios universais da vida (Benyus, 2016).

Dessa forma, essas questões orientaram a investigação inicial e estruturaram os objetivos dos capítulos teóricos desta pesquisa, funcionando como um alicerce para o desenvolvimento das análises subsequentes. A formulação proposta almeja:

- a) Evitar o lugar-comum: avançar além de narrativas genéricas e descrições superficiais da biomimética no contexto empresarial, promovendo uma compreensão de seus fundamentos teóricos e estratégicos;
- b) Distanciar-se de modelos experimentais ou subjetivos: explorar métodos que combinem teoria e prática, permitindo que a biomimética dialogue diretamente com os desafios concretos das empresas, assegurando sua aplicabilidade e relevância organizacional; e
- c) Estruturar modelos de negócio biomiméticos: posicionar a biomimética como um componente central das estratégias empresariais, integrando seus princípios à dinâmica corporativa e oferecendo soluções alinhadas às exigências da contemporaneidade.

Ao considerar essa estrutura, é essencial reconhecer que a transição do pensamento empresarial em relação à biomimética não ocorreu de maneira linear. Inicialmente, foi amplamente vista como uma abordagem metodológica, mais restrita à aplicação de princípios naturais em projetos específicos. No entanto, o livro *“Biomimicry: Innovation Inspired by Nature”* publicado por Janine Benyus, em 1997, representou um marco significativo ao promover uma mudança de perspectiva que desafiou visões tradicionais e inaugurou novas formas de pensar o design e os modelos de negócios. Sua contribuição não apenas ampliou o entendimento sobre a biomimética, mas também evidenciou sua aplicação transversal em diferentes organizações, independentemente do setor, consolidando-a como uma abordagem estratégica de elevada versatilidade.

A década de 1990, conforme destaca Benyus (2002), foi caracterizada por uma resistência significativa por parte das empresas à adoção de práticas ambientalmente responsáveis. Embora a publicação de sua obra tenha introduzido uma visão inovadora, a adesão a essa perspectiva não foi imediata. As indústrias e empresários da época demonstraram resistência em incorporar princípios sustentáveis, mesmo diante da revolução ambientalista que já havia ganhado força globalmente. O cenário corporativo permaneceu ancorado em modelos tradicionais de produção e gestão, com foco na maximização do lucro a curto prazo, enquanto abordagens como a biomimética enfrentavam barreiras significativas, muitas vezes associadas aos custos altos percebidos e à falta de alinhamento entre sustentabilidade e viabilidade econômica.

Com o passar do tempo, outras limitações tornaram-se ainda evidentes, revelando um conjunto de lacunas tanto metodológicas quanto conceituais que dificultavam a implementação da biomimética nesses contextos. Sobre isso, Fayemi *et al.* (2017, p.34) afirmam que "a ausência de um método sistemático e aceito para traduzir princípios biológicos em soluções práticas contribui para o ceticismo em sua aplicação por parte das organizações". Além disso, Graeff (2021, p. 102) aponta que "a falta de familiaridade com o vocabulário e os conceitos da biomimética entre gestores empresariais cria barreiras significativas para sua adoção como abordagem estratégica". Atualmente, para muitos, a biomimética é ainda equivocadamente percebida como uma mera imitação de formas ou processos naturais e que precisa ser superado.

A Figura 10 mostra uma síntese das dificuldades em implementar a biomimética de forma estratégica e as lacunas metodológicas e conceituais que geram ceticismo e impedem a sua adoção em larga escala.

Figura 10: Barreiras à adoção da biomimética nas organizações



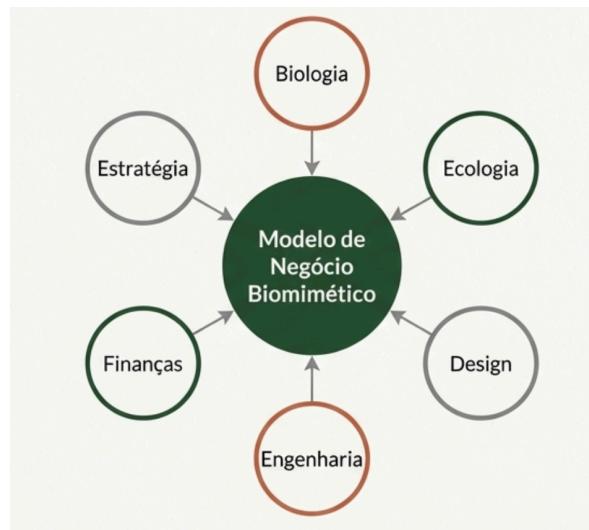
Fonte: Elaborado pela autora

Benyus (2002) parte da premissa de que é fundamental perguntar à natureza: como ela faz? Como ela resolve os problemas? No entanto, essa abordagem carece de uma perspectiva empresarial mais crítica e analítica. As organizações precisam ir além dessa visão inicial e começar a refletir, desde seus modelos de negócio, sobre como se posicionar como sistemas vivos.

A participação de profissionais de diferentes áreas na formulação de modelos de negócio é fundamental, pois eles trazem perspectivas valiosas, como a visão dos sistemas vivos

oriunda da biologia, da ecologia e de diversas outras ciências. Essa interdisciplinaridade, como ilustrado na Figura 11, enriquece o projeto executivo de uma organização, influenciando não apenas as decisões estratégicas, mas também as áreas operacionais e táticas.

Figura 11: Áreas disciplinares que fundamentam um Modelo de Negócio Biomimético



Fonte: Elaborado pela autora

A participação ativa de biólogos, ecólogos e outros cientistas é fundamental. A visão dos sistemas vivos enriquece o projeto executivo, influenciando decisões estratégicas, táticas e operacionais em todas as áreas da empresa.

2.1.2 O pensamento biomimético ao longo do tempo

A revisão da literatura revelou a importância evolutiva e histórica da biomimética, reconhecendo-a como um ponto de partida indispensável para a compreensão de suas origens, dos caminhos trilhados e dos valores que a definem. Ao longo do tempo, diferentes períodos se destacam, oferecendo contribuições significativas para a construção do seu significado e do desenvolvimento de aplicações práticas e empresariais.

É fundamental retomar a compreensão das motivações subjacentes à existência da biomimética, pois elas evidenciam manifestações ecocêntricas, promovendo uma visão não extrativista, mas respeitosa em relação à natureza. Esse posicionamento contrasta com a realidade predominante de exploração intensiva dos recursos naturais. Benyus (2002) reflete

sobre essa questão ao destacar períodos históricos que remetem à ancestralidade, como também aos povos originários, os quais perpetuaram uma relação de cuidado e respeito com o ambiente natural.

Essa perspectiva levanta uma questão crucial: de que forma esses valores podem reverberar na mentalidade de empreendedores, gestores e designers? Em tempos marcados pela predominância das "cidades de pedra" e pelo crescente distanciamento do ambiente natural, como os valores ancestrais de cuidado e respeito podem influenciar os modelos de negócios, transformando-os em sistemas vivos?

Outra análise evidente, referem-se aos períodos criativos e experimentais marcados pelo surgimento de bioinspirações e modelos baseados na natureza, que deixaram um legado significativo na interpretação de formas, funções e estratégias, fundamentados na observação e no desenvolvimento empírico de soluções.

Nesse contexto, destaca-se a importância da evolução metodológica, da técnica, dos processos e da metodologia, que constituem também alicerces do design biomimético. No entanto, para o ambiente empresarial, é imprescindível superar a abordagem puramente empírica, avançando para um nível prático e viável. Isso requer um caminho claro e estruturado, no qual todo um sistema de valores biomiméticos e métodos do design biomimético sejam aplicados de maneira sistemática, promovendo inovações concretas e alinhadas às demandas do mercado.

Dada essa perspectiva, é fundamental compreender que a biomimética não se limita à aplicação de metodologias ou técnicas isoladas ao processo de inovação, seja no âmbito do tangível ou do intangível. Em vez disso, possui uma metodologia tradicional de tradução análoga, baseada na lógica dos seres biológicos, que busca adaptar princípios naturais para soluções humanas. No entanto, para que essa tradução seja efetiva, é imprescindível que ela esteja inserida em um sistema maior, capaz de sustentar esses valores de maneira integrada e coerente. Sem essa inserção, o risco de fragmentação aumenta, comprometendo a essência da biomimética enquanto abordagem que conecta a natureza com estratégias organizacionais e de design. Assim, a tradução dos princípios naturais não deve ser vista como um fim em si mesma, mas como parte de um sistema de valores mais amplo e interdependente.

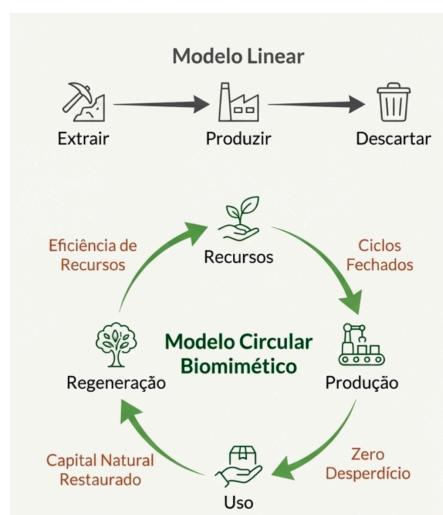
Os avanços científicos e tecnológicos configuraram outro momento crucial na evolução do design biomimético, marcado pela interdisciplinaridade e pela integração de diferentes campos do conhecimento. Impulsionada principalmente pela biologia e pelas tecnologias

emergentes, essa fase destaca a necessidade de conectar as ciências para enfrentar os múltiplos desafios humanos e de design. A colaboração entre áreas distintas não apenas enriquece as interações biológicas, mas também amplia as possibilidades de desenvolvimento de soluções inovadoras.

No contexto empresarial, essa interligação traduz-se na capacidade de transformar descobertas científicas em aplicações práticas e comercialmente viáveis, criando pontes entre a pesquisa acadêmica e as demandas do mercado. Essa perspectiva fortalece a biomimética como uma abordagem estratégica que une ciência, tecnologia e negócios para atender a desafios contemporâneos.

A sustentabilidade emerge como uma resposta crítica ao desalinhamento histórico entre a natureza e os negócios, evidenciando as limitações do design industrial em equilibrar as demandas humanas com os limites do mundo natural. Para Benyus (2002), esse desalinhamento fundamenta a biomimética como uma abordagem essencialmente sustentável, por basear-se nos processos da natureza, que operam de maneira eficiente, circular e regenerativa. A autora ressalta que os sistemas naturais resolvem problemas complexos sem gerar desperdícios (Figura 12), mantendo um equilíbrio intrínseco entre consumo e regeneração. Nesse contexto, a sustentabilidade pretendida pela biomimética é representada por práticas organizacionais moldadas a partir de modelos validados pela própria natureza, promovendo soluções genuínas e efetivas.

Figura 12: Modelo Biomimético defendido por Benyus (2002)



Fonte: Adaptado de Benyus (2002)

Diferentemente dessas práticas, o fenômeno do *greenwashing* tem se tornado cada vez mais prevalente, criando uma ilusão de responsabilidade ambiental enquanto ações concretas e eficazes são negligenciadas. Tal comportamento acentua o desequilíbrio (Figura 13) entre exploração e regeneração, comprometendo a credibilidade das iniciativas sustentáveis e afastando as organizações de um compromisso real com o futuro (Olaizola *et al.*, 2020).

Figura 13: Desequilíbrio entre Exploração e Regeneração



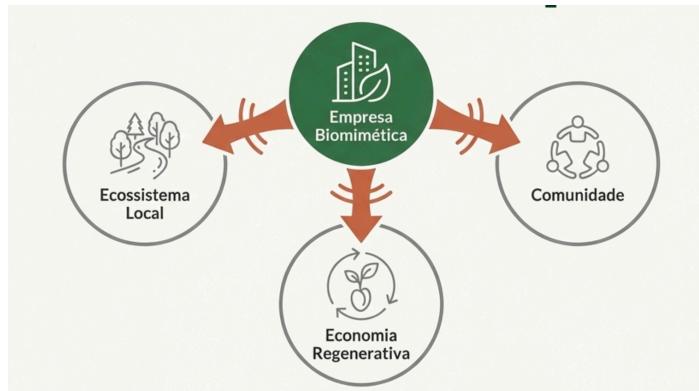
Fonte: Olaizola et al., 2020

Ao passo que a percepção humana sobre essa realidade evoluiu, critérios de sustentabilidade mais claros começaram a ser reconhecidos e redefinidos. Contudo, essa transformação não é um ato isolado, mas um conjunto articulado de ações que inclui o fortalecimento de políticas públicas globais, compromissos empresariais efetivos sobre uma realidade cada vez mais problemática. Uma empresa biomimética, sem dúvidas, é inovadora e sustentável, não como uma consequência secundária de suas ações, mas como resultado de uma aplicação deliberada de princípios naturais aos modelos de negócio e as suas práticas organizacionais.

Nesse contexto, as perspectivas contemporâneas destacam a capacidade de modelos de negócios biomiméticos em abordar problemas humanos ao integrar dimensões econômicas, sociais e tecnológicas. Essa dimensão conecta o design estratégico à transformação organizacional, respondendo às demandas emergentes da sociedade. Conforme discutido por Manzini (2015) privilegia-se a interação entre atores diversos, criando sistemas que emergem de um engajamento comunitário e que têm como objetivo enfrentar desafios complexos de

forma participativa e integrada. Desse modo, o design biomimético projeta inovação para atender de forma eficaz às necessidades coletivas, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14: Representação da empresa biomimética como articuladora de inovação social



Fonte: Adaptado de Manzini (2002)

2.1.3 Da tradição ancestral ao pensamento sistêmico

Essa relação entre humanidade e natureza, historicamente, passou por transformações significativas. Em diversas sociedades ancestrais, a natureza era compreendida como um sistema vivo e interdependente, onde o equilíbrio era mantido por meio de práticas que respeitavam os limites ecológicos e a interconexão dos seres vivos.

No entanto, à medida que a civilização evoluiu, essa percepção foi gradualmente substituída por abordagens mais mecanicistas e reducionistas, culminando na visão da natureza como um mero recurso a ser explorado. Essa transição de pensamento teve implicações diretas não apenas na forma como as sociedades estruturaram suas práticas econômicas e organizacionais, mas também na maneira como os sistemas vivos passaram a ser compreendidos. Para resgatar essa perspectiva integrada, é essencial revisitar as tradições ancestrais e sua relação com o pensamento sistêmico, que hoje sustenta abordagens como a biomimética (Benyus, 1997; Capra, 1996).

Essa complexa interação entre os seres humanos e o universo natural ao longo da história, trata-se de uma análise da literatura existente sobre essas relações, baseados nas concepções históricas, evolutivas, filosóficas e éticas de diferentes autores. Sem dúvidas, estabelece uma estrutura teórica e valorosa para a pesquisa, uma compilação de valores primordiais para a concepção dos valores que guiam os modelos, a missão, a visão, os recursos,

os processos, as oportunidades, os mercados, assim, permeia toda a estrutura conceitual do negócio.

Dessa forma, a conexão ancestral com a natureza é um elemento central para compreender as origens das interações entre os seres humanos e o meio ambiente. Desde os primórdios, a sobrevivência humana esteve vinculada à observação e experimentação do mundo natural, gerando práticas e conhecimentos que foram transmitidos e refinados ao longo das gerações. Essa relação com a natureza, muitas vezes percebida de forma intuitiva, moldou a maneira como os primeiros agrupamentos humanos se organizaram, resultando em avanços tecnológicos, sociais e culturais que possibilitaram a adaptação e a continuidade da vida.

Capra e Luisi (2014, p. 86-89) destacam que "a interação entre evolução biológica e cultural é evidenciada pela forma como os primeiros agrupamentos humanos se organizaram em torno de práticas colaborativas, moldadas pela percepção de um mundo interconectado". Os autores apontam que "a emergência da linguagem foi um dos marcos mais significativos na evolução humana, permitindo não apenas o desenvolvimento de relações sociais mais complexas, mas também a transformação da cognição e da organização cultural". A postura ereta dos primeiros hominídeos, o uso de ferramentas e a colaboração social não apenas fomentaram o desenvolvimento cerebral, mas também estabeleceram a base para o comércio, as comunidades interdependentes e a inovação.

Essas práticas colaborativas e criativas, originadas da interação com o ambiente natural, evoluíram em processos que iam além da mera sobrevivência. Ferramentas, práticas agrícolas e sistemas de irrigação emergiram como respostas criativas às demandas impostas pelo meio, demonstrando como os seres humanos instintivamente aprenderam e se adaptaram à complexidade natural que os cercava.

A partir dessas observações, Capra e Luisi (2014) introduzem o conceito de *deep ecology* como uma interpretação ampliada e contemporânea da relação humana com o meio ambiente. Diferentemente de abordagens fragmentadas ou utilitaristas, a *deep ecology* reposiciona o ser humano como parte integrante e interdependente da rede ecológica, reconhecendo que os sistemas vivos são sustentados por relações dinâmicas e interconectadas. Essa perspectiva, segundo os autores, vai além da ciência ambiental convencional, ao estabelecer uma base filosófica e ética para a sustentabilidade:

"Deep ecology não separa os seres humanos – ou qualquer outra coisa – do ambiente natural. Ela vê o mundo não como uma coleção de objetos isolados, mas como uma rede de fenômenos fundamentalmente interconectados e interdependentes. Deep ecology reconhece o valor intrínseco de todos os seres vivos e enxerga os humanos como apenas um fio particular na teia da vida (Capra; Luisi, 2014, p. 31).

Portanto, a conexão ancestral com a natureza, conforme elucidado por Capra e Luisi (2014), não é apenas um resgate de valores históricos, mas está alinhada à teoria sistêmica da vida. Essa abordagem reconhece que os sistemas vivos, sejam eles ecológicos ou sociais, são sustentados por redes complexas de interdependência, permitindo que a vida floresça de forma dinâmica.

Ao reposicionar os seres humanos como parte dessa teia de relações, os autores enfatizam que "a percepção da interdependência é central para transformar os paradigmas sociais, culturais e organizacionais" (Capra; Luisi, 2014, p. 119)

Essa ontologia, alinhada ao Pensamento Complexo de Morin (1990), que entende os sistemas vivos como redes de relações interdependentes, e à Ecologia Profunda de Naess (1973), que rejeita a hierarquia humano-natureza, redefine a empresa não como entidade isolada, mas como parte integrante de uma teia de vida – tal como propõe a Teoria Ator-Rede (Latour, 2005). Ao adotar essa perspectiva, a organização deixa de ser vista como um ente meramente econômico ou técnico e passa a integrar, de forma ontológica, uma rede composta por atores humanos e não humanos, práticas, tecnologias e elementos naturais. Nesse sentido, os fluxos de informação, matéria e energia, presentes nos sistemas ecológicos, tornam-se referências para o desenho de processos empresariais sustentáveis, colaborativos e alinhados à dinâmica da vida.

Sob a ótica de Morin (1990), os fenômenos não podem ser compreendidos de forma fragmentada ou reducionista, pois cada parte está em estreita relação com o todo. Na perspectiva de Naess (1989), essa relação intrínseca implica rejeitar a ideia de que o ser humano ocupa um lugar superior na hierarquia da vida, reconhecendo, ao contrário, um valor intrínseco em todas as formas de existência. Como explica o autor:

[...] nenhuma espécie viva possui mais direito de existir e se desenvolver do que qualquer outra. Talvez não seja a melhor maneira de expressar isso dizendo que há um direito – mas sim uma igualdade fundamental entre todas as formas de vida em sua capacidade de se desdobrar [...] (Naess, 1989, p. 167).

Ao rejeitar a centralidade do ser humano, Naess (1989) amplia a noção de agência, algo que ressoa fortemente com a Teoria Ator-Rede (Latour, 2005). Se todas as formas de vida possuem um valor intrínseco, então o sistema socioecológico não pode ser analisado a partir de um viés antropocêntrico, mas sim considerando os papéis e influências de diferentes agentes (humanos e não humanos). Isso implica que, em um modelo de negócios biomimético, por exemplo, a natureza não é apenas um recurso, mas um participante ativo no sistema organizacional, influenciando a tomada de decisões e a forma como as organizações se estruturam. Em outras palavras, aplicada essa perspectiva ao campo do design estratégico e dos modelos de negócios biomiméticos, pode-se concluir que a biomimética não deve ser reduzida a um método de inovação, mas deve ser entendida como um sistema de pensamento que ressignifica as relações entre natureza e organização

A Teoria Ator-Rede, de Latour (2005), por sua vez, estende a noção de interconexão ao propor que objetos, ideias e outros elementos não humanos também atuam como agentes dotados de capacidade de influenciar e serem influenciados nos processos sociais.

Dessa maneira, ao compreender a empresa como parte de um sistema, na qual humanos, recursos naturais, máquinas, tecnologias e demais atores se entrelaçam, abre-se espaço para a elaboração de práticas organizacionais que espelhem a cooperação e a autorregulação presente na natureza. A biomimética, por exemplo, transforma essa lógica em inovação prática para problemas empresariais.

Nesse contexto, a abordagem *deep ecology* converge com o pensamento sistêmico, pois ambas enfatizam a importância de preservar a interdependência entre todos os elementos do ecossistema, garantindo a sustentabilidade e a perpetuação da vida em suas múltiplas manifestações.

Assim, se a *deep ecology* reflete o pensamento sistêmico, a biomimética opera como uma extensão prática desse princípio, transpondo a interdependência ecológica para soluções tecnológicas e organizacionais. Enquanto a primeira estabelece uma ética de pertencimento e valorização intrínseca da natureza, a segunda materializa essa visão ao aprender com sistemas biológicos, convertendo padrões naturais em inovação.

Essa transição não é meramente técnica, mas filosófica: ao reconhecer que a natureza e os ecossistemas são modelos, a biomimética revela que a sobrevivência humana depende não apenas de explorar a natureza, mas de emular sua sabedoria sistêmica. Dessa forma, a interdependência defendida por Capra e Luisi (2014) e corroborada pelos aportes de Morin

(1990), Naess (1973) e Latour (2005) torna-se um guia para redesenhar estruturas sociais e econômicas, alinhando-as aos fluxos cílicos e colaborativos que sustentam a vida.

A convergência dessas abordagens, representada visualmente pela Figura 15, mostra fluxos que conectam cada matriz teórica ao núcleo central, evidenciando que a ontologia organizacional contemporânea deve ser entendida como um ecossistema vivo, heterogêneo e coevolutivo, no qual relações, materialidades, saberes e processos se entrelaçam de modo contínuo para produzir práticas, significados e modos de existência nas organizações.

Figura 15: Síntese dinâmica das organizações contemporânea



Fonte: Capra e Luisi (2014); Morin (1990); Naess (1973) e Latour (2005)

Percebe-se essas dimensões influenciando o design do projeto Brikole, como exemplo prático, cuja inspiração empresarial buscou a convergência da sabedoria ancestral e da engenhosidade da natureza, como os montes de cupins, e de estruturas funcionais criadas pelo ser humano, como as torres de vento da arquitetura tradicional do Oriente Médio, no desenvolvimento de soluções para resfriamento passivo para edificações (Figura 16).

Esse caso atua como uma metáfora concreta dessa transição ontológica. Sua lógica de funcionamento, baseada em resfriamento passivo, porosidade, ventilação cruzada e controle microclimático inspirado em dinâmicas naturais, demonstra que a empresa não concebe a tecnologia como aparato de dominação sobre o ambiente, mas como agente coadunado às forças ecológicas, cooperando com elas. Esse reposicionamento ecoa diretamente as premissas do pensamento sistêmico, que comprehende todo sistema como teia de relações onde eficiência emerge do ajustamento entre partes e não da intervenção externa. A solução biomimética opera justamente nesse limiar, permitindo que a edificação “respira” em

consonância com o ambiente, ao invés de impor consumo energético artificial para corrigir o clima interno.

Figura 16: Solução biomimética de resfriamento passivo para edificações



Fonte: Brikooke (2024)

O produto evidencia a capacidade de dialogar com a incerteza e com a variabilidade ambiental, reconhecendo que o desempenho térmico não decorre de linearidades determinísticas, mas de uma multiplicidade de fatores, geometria, ventilação, umidade, radiação solar, uso humano. Seu caráter modular e configurável traduz um entendimento moriniano de que sistemas vivos se organizam por recombinações flexíveis, e não por rigidez estrutural. Assim, a empresa não vende apenas um objeto, ela entrega um sistema adaptativo, que se reorganiza de acordo com as condições do ecossistema construído.

Sob a ótica da *deep ecology*, o caso representa uma ruptura ética fundamental: ao eliminar a necessidade de eletricidade, reduzir emissões associadas ao ar-condicionado e propor uma solução alinhada aos limites planetários, o Brikooke incorpora uma visão ecocêntrica de design. Trata-se de uma tecnologia que não instrumentaliza a natureza, mas aprende com seus processos fundamentais para regenerar a relação entre conforto humano e integridade ecológica. Nesse sentido, a inovação deixa de ser orientada por métricas de eficiência industrial e passa a adotar princípios da vida como critério orientador.

Finalmente, pela teoria Ator-Rede, reconhece que o produto não é uma entidade isolada, mas a materialização de uma rede sociomaterial complexa: engenheiros, arquitetos,

algoritmos de simulação, materiais porosos, vento, poeira, usuários, fabricantes e o próprio clima co-produzem sua eficácia. Essa solução emerge como ator não humano que reconfigura práticas sociais, abrindo espaço para novos modos de habitar, de projetar e de se relacionar com o ambiente. Assim, a organização que o produz também se torna uma rede viva, que age e é agida por múltiplas instâncias humanas e não humanas.

Dessa forma, o caso estudado demonstra que empresas biomiméticas não apenas criam produtos inspirados na natureza, mas redefinem o próprio sentido de inovação, deslocando-o de um enfoque técnico-produtivo para uma visão relacional e ecossistêmica. Evidencia-se que, quando a biomimética é compreendida como matriz ontológica, e não apenas como conjunto de métodos, torna-se possível imaginar organizações como sistemas vivos, capazes de gerar soluções que não apenas resolvem problemas pontuais, mas reajustam relações, reconfiguram redes sociomateriais, restauram equilíbrios ecológicos e promovem formas mais harmônicas de integração com o ambiente. Nesse horizonte, inovar deixa de ser sinônimo de intervenção mecânica sobre o mundo e passa a significar a construção de condições para coexistência, coevolução e regeneração.

2.1.4 Natureza modelo, medida e mentora de Janine Benyus

Benyus (2002) destaca que a sobrevivência e a prosperidade de diversas culturas ancestrais estavam intrinsecamente vinculadas à observação e ao aprendizado a partir dos sistemas vivos. Segundo a autora, povos indígenas (Figura 16), por exemplo, compreendiam a natureza como um tecido interdependente, cujos limites e equilíbrios deviam ser respeitados.

Para a autora essa compreensão evidencia que a prática biomimética já se manifestava em soluções de sobrevivência e de organização social, derivadas da interação e cooperação com o ambiente natural. A percepção de Benyus, portanto, associa essas tradições não apenas como inspirações culturais, mas nas evidências de que a biomimética já foi intuitivamente praticada em outro tempo.

Figura 16 - Cultura indígena e a sua relação com a natureza



Fonte: Banco de Imagens Unsplash e Google Imagens (2024)

A partir dessas observações, a autora formaliza o conceito de biomimética na chamada tríade - natureza como modelo, medida e mentora (Figura 17) - enfatizando que muitas das estratégias ancestrais de subsistência - como a construção de abrigos inspirados em cavernas ou o manejo agrícola que imitava a diversidade de ecossistemas - encontram eco na biomimética contemporânea. Em outras palavras, ao retomar esses princípios ancestrais e aliar-se aos aportes tecnológicos e científicos atuais, a biomimética é como uma abordagem sistêmica capaz de propor inovações genuinamente sustentáveis. Ela argumenta que a biomimética moderna, embora enraizada na ciência e na tecnologia, herda princípios fundamentais dessa relação ancestral. Assim, as características centrais de sua teoria derivam dessa interseção entre práticas ancestrais e a necessidade contemporânea de repensar paradigmas sociais, tecnológicos e organizacionais.

Figura 17: Representação da natureza como modelo, medida e mentora



Fonte: Banco de Imagens Unsplash (2024)

- A natureza como modelo: implica em observar padrões e processos naturais para aplicá-los na resolução de desafios humanos, assim como culturas ancestrais fizeram intuitivamente ao desenvolverem técnicas de irrigação que respeitavam ciclos sazonais e a biodiversidade local.

- b) A natureza como medida: fornece uma referência ética e funcional, pois práticas humanas devem ser avaliadas de acordo com critérios de equilíbrio e renovação, características fundamentais dos ecossistemas. Esse aspecto remete às observações detalhadas dos ambientes realizadas por sociedades tradicionais, que precisavam prever períodos de escassez e abundância.
- c) A natureza como mentora: vai além da mera aplicação técnica. Envolve reconhecer a natureza como fonte de sabedoria, cujo funcionamento integrado e colaborativo inspira valores de interdependência, resiliência e harmonia. Tal perspectiva, frequente em ritos e ceremoniais de povos ancestrais, indica uma consciência ecológica, capaz de orientar não apenas inovações, mas também mudanças paradigmáticas nos modos de produção e organização social.

As ideias de Benyus (2002) evidenciam um diálogo frutífero entre a tradição ancestral e o pensamento sistêmico contemporâneo. Por meio da biomimética, retoma-se o entendimento de que humanos e natureza compartilham um mesmo sistema de interdependência, e que, portanto, soluções sustentáveis emergem ao se emular, em vez de apenas explorar, a sabedoria intrínseca dos processos naturais. Esses argumentos não apenas complementam a noção de *deep ecology*, mas amplia a discussão para o campo prático, trazendo perspectivas concretas sobre como harmonizar desenvolvimento tecnológico, organizacional e respeito aos limites planetários (Capra; Luisi, 2014; Benyus, 2002).

Nesse contexto, as suas contribuições tiveram papel decisivo para consolidar uma compreensão expandida da biomimética no campo do design e da inovação. Benyus (2002) deslocou a biomimética de um enfoque estritamente técnico para uma perspectiva integrada, na qual a natureza passou a ser concebida não apenas como fonte de formas e soluções, mas como referência ética e operacional.

Sua proposta introduziu (Figura 18) critérios de avaliação baseados nos princípios ecológicos que regem os sistemas vivos, evidenciando que a inovação deveria alinhar-se aos modos pelos quais a vida se sustenta e se perpetua na Terra. Desse modo, sua obra contribuiu para reposicionar o papel humano dentro da teia da vida, reforçando a interdependência como fundamento epistemológico e moral, e oferecendo um arcabouço que conectou diferentes ciências. Assim, Benyus (2002) legou ao campo uma estrutura conceitual que ampliou a compreensão das organizações como sistemas vivos, influenciando abordagens

contemporâneas que buscam integrar inovação, responsabilidade ecológica e sustentabilidade.

Figura 18: Princípios de Benyus que usa os padrões da vida como referência de avaliação



Fonte: Benyus (2002)

2.2 FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS DA BIOMIMÉTICA

As ideias centrais apresentadas por Benyus (2017) como a natureza enquanto modelo, medida e mentora convergem para uma visão de mundo que ultrapassa a interpretação mecanicista, remetendo-nos a princípios ontológicos e epistemológicos sobre a forma de compreender a realidade. Essa transição, portanto, conduz ao exame das correntes filosóficas, de forma que será possível aprofundar como diferentes pensamentos sustentam e legitimam a reconexão entre humanidade e natureza.

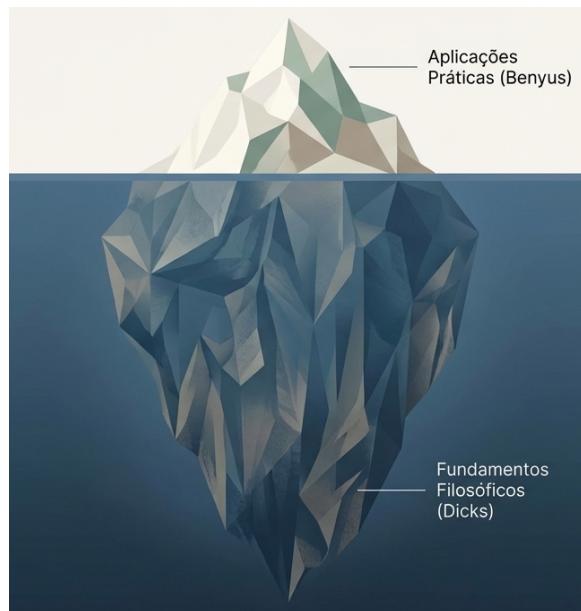
Embora a teoria biomimética de Benyus (2002) explore aspectos éticos e filosóficos sobre a relação de aprendizado com a natureza, sua narrativa se destaca por um foco maior em aplicações práticas e exemplos concretos. Sem dúvidas, teve um papel importante na disseminação do conceito como uma abordagem prática e inovadora para a resolução de problemas humanos. Ao apresentar a biomimética como um movimento, a autora enfatiza sua aplicabilidade no cotidiano das empresas, sendo uma perspectiva bastante visionária para as práticas empresariais do fim do século XX.

Dicks (2023) reconhece o valor prático da biomimética, conforme proposto por Benyus (2002), mas propõe uma expansão de sua base teórica para recontextualizá-la na

atualidade. Enquanto Benyus (2002) popularizou a biomimética como ferramenta prática e inovadora para resolver problemas humanos, Dicks (2023) argumenta que esse campo deve ampliar sua compreensão filosófica, direcionando-se para estudos mais reflexivos e críticos. O autor alerta que, caso se limite à mera imitação da natureza sem uma reflexão adequada sobre o "como" e o "porquê" de fazê-lo, a biomimética poderá se tornar um conjunto de soluções isoladas, carentes de impacto real.

A Figura 19 sintetiza, de forma analítica, a compreensão de que as contribuições de Benyus (2002) para a biomimética somente alcançam plena inteligibilidade quando ancoradas na base filosófica aprofundada por Dicks (2023). Na porção visível, evidenciam-se métodos, princípios e estudos de caso que consolidam a biomimética como abordagem aplicada no campo do design e da inovação. Contudo, é a estrutura submersa que revela os fundamentos que lhe confere coerência. Desse modo, a metáfora visual se justifica ao demonstrar que a consistência do campo não reside apenas na superfície das aplicações, mas na profundidade conceitual que orienta, sustenta e expande seu escopo teórico e prático.

Figura 19: Aplicações práticas por Benyus (2002) emergem a partir dos fundamentos filosóficos por Dicks (2023)



Fonte: Elaborado pela autora

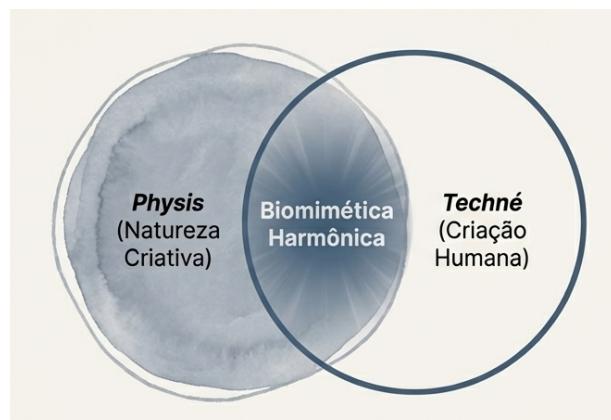
2.2.1 As cinco dimensões de Henry Dicks

Dicks (2023) resgata conceitos oriundos de filósofos como Heidegger e Kant, além de reabilitar a ontologia como um elemento central na compreensão da relação entre humanos e natureza. Adicionalmente, o autor estabelece uma ponte com a filosofia grega clássica, recuperando a noção de *techné* como imitação (*mimesis*) da natureza (*physis*), um princípio central no pensamento aristotélico. Ele argumenta que esse entendimento, amplamente ignorado na modernidade, fornece uma base histórica e conceitual para a biomimética, permitindo que ela seja vista como parte de uma tradição filosófica mais ampla que explora a interação entre o humano e o natural.

Na filosofia grega clássica, conforme Dicks (2023), *physis* refere-se à natureza enquanto força criativa, dinâmica, responsável pelo surgimento, crescimento e organização autônoma dos seres e fenômenos naturais. Por outro lado, *techné* é a habilidade ou arte humana de criar, muitas vezes em imitação da natureza, mas sempre respeitando seus princípios fundamentais. Para os gregos, especialmente Aristóteles, *techné* não era algo separado ou oposto à *physis*, mas um prolongamento desta, um meio de colaborar com os processos naturais em vez de contrariá-los.

A Figura 20 ilustra a interpretação de Dicks (2023) ao evidenciar que a biomimética emerge da confluência entre *physis*, entendida como natureza criativa, e *techné*, concebida como a capacidade humana de criar em continuidade e respeito aos princípios naturais.

Figura 20: Evidência da biomimética como criação humana em continuidade com a natureza



Fonte: Elaborado pelo autora

Em outras palavras, a técnica (*techné*) deveria operar de maneira integrada com a natureza, complementando seus processos sem impor-lhe uma força destrutiva ou artificial. A técnica era vista como uma forma de "colaborar" com a natureza, ajustando-se às suas leis e ritmos. Ele observa que a biomimética moderna enfrenta o desafio de traduzir os processos naturais (*physis*) em soluções práticas (*techné*), mantendo a harmonia entre esses dois elementos. Sobre isso, o autor discorre:

A biomimética, ao resgatar o conceito grego de *physis*, busca integrar os princípios da auto-organização natural à técnica humana (*techné*). Para os antigos, a técnica era uma extensão harmoniosa da natureza, não uma força imposta externamente. Na prática contemporânea, esse equilíbrio representa um desafio: criar soluções tecnológicas que refletem os processos naturais sem interrompê-los ou explorá-los de forma predatória (Dicks, 2023, p. 17).

A visão de Dicks sobre a relação entre *physis* e *techné* na biomimética encontra conexões com o conceito de *deep ecology*, formulado por Capra e Luisi (2014). Ambos os autores compartilham uma perspectiva integrada sobre a natureza. Embora desenvolvidos em contextos distintos, o primeiro autor defende que a biomimética busca aprender com esses processos naturais e respeitá-los, ecoando a visão de Capra de que os humanos devem coexistir com a natureza em harmonia, em vez de dominá-la. Isso se manifesta de forma prática, nos exemplos citados:

Em termos práticos, o design biomimético exige ir além da imitação superficial para abraçar os processos que sustentam a vida nos sistemas naturais. Por exemplo, criar materiais que emulem as propriedades de auto-organização da seda de aranha ou projetar edifícios que imitem a regulação térmica de cupinzeiros exemplifica como *techné* pode se alinhar com *physis* para produzir soluções sustentáveis que respeitam os princípios ecológicos (Dicks, 2023, p. 25).

Em relação ao trabalho de Benyus (2002), Dicks (2023) o complementa, ampliando seus princípios -natureza como modelo, medida e mentora - para conectá-los a questões filosóficas fundamentais. Para ele, a biomimética assume um papel normativo ao redefinir a relação entre humanidade e natureza, desafiando os pressupostos antropocêntricos da filosofia ocidental e oferecendo um paradigma integrado que responde à complexidade das interações ecológicas e humanas.

2.2.2 Integração ontológica, ética, epistemológica e técnica

O ponto de partida de Dicks (2023) foi a "reabilitação ontológica", entendida como o estudo do ser, é reposicionada como o fundamento para compreender a relação entre humanos e natureza. O autor critica a visão kantiana que prioriza a epistemologia em detrimento da ontologia e propõe uma nova abordagem para a biomimética, na qual a natureza é reconhecida como dinâmica, interdependente e essencial para a concepção do ser humano em seu ambiente. Nesse sentido, a ontologia biomimética questiona: que lugar ocupa a humanidade no mundo natural e como a biomimética pode contribuir para redefinir essa relação?

Para Dicks, a ontologia biomimética exige uma investigação sobre a "natureza da própria natureza", uma questão que ele considera central. Isso significa refletir filosoficamente sobre como a natureza é percebida e definida, não como um recurso ou um conjunto de processos biológicos isolados, mas como uma essência dinâmica e interdependente.

Essa perspectiva integra conceitos gregos, como *physis*, que Dicks define não como "natureza" no sentido contemporâneo de um recurso externo, mas como algo que surge, se organiza e se sustenta por si mesmo. Para ele, *physis* representa a autonomia e a auto-organização inerentes ao mundo natural. Ele também destaca os desafios em traduzir a dimensão filosófica de *physis* em soluções práticas. A biomimética exige mais do que uma simples replicação de processos naturais: é necessário compreender os princípios subjacentes que governam esses sistemas, adaptando-os às necessidades humanas sem comprometer sua essência.

Nesse contexto, o autor recupera a relação harmônica entre *physis* e *techné* defendida pelos gregos, onde a técnica era vista como um prolongamento da natureza. Na biomimética moderna, esse desafio se traduz em integrar ciência, tecnologia e filosofia em um paradigma que seja ao mesmo tempo humano e sustentável.

Além da ontologia, Dicks propõe uma reestruturação ética que desloca o foco das ações humanas para a natureza como referência normativa. Inspirado pelo princípio de "natureza como medida", ele argumenta que a ética biomimética deve adotar padrões ecológicos como critério para avaliar a "correção" de inovações humanas. Essa proposta subverte a ética tradicional antropocêntrica e apresenta uma ética ambiental integrada, em que o equilíbrio e a harmonia com os sistemas naturais são centrais. Ao enfatizar a ideia de que

a natureza oferece um padrão de sustentabilidade, por sua vez, Dicks (2023) questiona: quais são os limites éticos da "cópia" da natureza?

Também, a epistemologia biomimética é reconfigurada na abordagem do autor. Ele desafia a visão predominante de que o conhecimento é exclusivamente humano, argumentando que a natureza deve ser vista como uma fonte ativa de aprendizado. Sob a lente da biomimética, o processo de conhecimento não é unidirecional, no qual os humanos apenas observam e extraem leis da natureza. O autor questiona de que forma o conhecimento da natureza pode contribuir para a construção de um "conhecimento" mais completo do mundo. A natureza é posicionada como mentora, uma entidade capaz de ensinar, moldar e inspirar inovações e novos paradigmas de conhecimento. Essa epistemologia biomimética contrasta com a tradição cartesiana, que separa o sujeito cognoscente do objeto estudado, promovendo uma integração entre ambos, assim, o autor justifica:

O princípio da natureza como mentora nos diz, em primeiro lugar, que o conhecimento já está presente na natureza e, em segundo lugar, que podemos aprender com esse conhecimento—uma visão que contraria a suposição predominante de que o conhecimento é gerado e presente apenas nos seres humanos (Dicks, 2023, p. 10).

Adicionalmente, o autor observa que o termo *techné* refere-se à arte, artesanato ou habilidade de fazer algo com propósito. Ele incorpora tanto os processos naturais (como a natureza "cria") quanto a criatividade humana (como os humanos projetam e produzem). Na biomimética, *techné* é central porque revive essa perspectiva de que as técnicas humanas (tecnologia) podem e devem imitar os processos naturais da *physis* (natureza), alinhando a criação humana com a lógica inerente da natureza. Inspirado pelo conceito de "natureza como modelo", essa interpretação articula a "técnica humana" e a "técnica natural" e representa a união entre a sabedoria da natureza e a capacidade criativa humana.

Também, envolve uma dimensão ética, questionando como as tecnologias humanas podem se alinhar aos princípios ecológicos da natureza - o que funciona, o que dura e o que é sustentável, em detrimento a tecnologia convencional, que muitas vezes prioriza a funcionalidade em detrimento da harmonia com os sistemas ecológicos.

2.2.3 *Pathos* mimético

Em seu mais recente estudo, Dicks (2024) incorpora a noção de *pathos* mimético, inspirado na teoria elaborada por Nidesh Lawtoo³, apresentando-a como uma ruptura em relação à concepção clássica de mimese, tradicionalmente vinculada à reprodução de realidades externas. Fundamentada na imitação de afetos internos, essa abordagem desloca o foco da mimese para as dinâmicas emocionais e sensoriais que permeiam as interações humanas.

Segundo Dicks (2024), embora a imitação de gestos, expressões e emoções tenha ocorrido de forma inconsciente desde tempos imemoriais, o contexto contemporâneo é marcado pela tomada de consciência desse fenômeno, corroborada por evidências neurológicas que validam sua ocorrência. Adicionalmente, o advento dessas tecnologias modernas, reconfigura os modos de operação da mimese, amplificando sua escala e impacto ao permitir novas formas de disseminação e reprodução afetiva. Dessa maneira, o *pathos* mimético não apenas ressalta a dimensão intersubjetiva das relações humanas, mas também posiciona as tecnologias como mediadoras centrais na intensificação dessas dinâmicas, evidenciando sua relevância para os debates contemporâneos acerca da experiência estética e emocional.

Diante desse contexto, Dicks (2023) afirma que o impacto emocional e sensorial que a biomimética pode gerar, desloca o foco tradicionalmente funcionalista e ecológico para incluir uma dimensão mais ampla, relacionada à experiência humana. Esse deslocamento tem implicações para o desenvolvimento de modelos de negócios biomiméticos, pois sugere que as inovações inspiradas na natureza não devem apenas promover eficiência tecnológica ou sustentabilidade, mas, também, ressoar emocionalmente nas pessoas.

Sobre o planejamento de cidades, o autor destaca que não deve ter como único foco refletir sistemas ecológicos eficientes, mas, também, recriar a experiência emocional de estar em uma floresta, por exemplo, abordagem que amplia o escopo da biomimética para incluir a dimensão humana de encantamento e reconexão com a natureza.

Assim, a análise de Dicks sobre as "patologias miméticas" como lentes para a biomimética é particularmente relevante. Essas noções revelam que, embora o campo busque

³ O trabalho do professor Nidesh Lawtoo (2020) "*Homo Mimeticus*" reformula o antigo conceito de mimese à luz dos desenvolvimentos recentes na filosofia continental, teoria literária e teoria política, atentos à natureza contagiosa, afetiva e plástica da imitação. Sua compreensão do *Homo mimeticus* promove linhas de investigação centrais para o modernismo, pós-estruturalismo, psicanálise, teoria do afeto, teoria mimética, estendendo-se para incluir estudos de cinema e neurociências.

criar condições propícias à vida, ele também carrega o risco de reproduzir lógicas problemáticas, como aplicações irresponsáveis ou desconectadas dos princípios éticos fundamentais.

Por exemplo, inovações biomiméticas voltadas para a indústria militar ou o uso indiscriminado de inteligência artificial ilustram como a apropriação da "inteligência da natureza" pode ser desvirtuada para finalidades opostas à sustentabilidade. Assim, os conceitos de *pathos* e patologias miméticas ajudam a evidenciar tanto os potenciais quanto os perigos inerentes à biomimética, convidando os designers a uma abordagem mais crítica e reflexiva.

Para demonstrar esses argumentos, Lepora *et al.* (2013), durante o período 1995 a 2011, evidenciou um crescimento exponencial de publicações com a temática biomimética, principalmente, nas áreas de robótica, ciência de biomateriais, bioengenharia estrutural. Nesse mesmo artigo, a autora mencionou como exemplo, uma tendência empreendedora à época, evidenciando essa expansão científica à área comercial, manifestada no exemplo da empresa *Boston Dynamics*.

Fundada em 1992 pelos empresários Marc Raibert e Robert Playter, recém-saídos do MIT, beneficiaram-se dessa integração e apresentaram soluções comerciais as pesquisas e desenvolvimentos na área de robótica e tecnologia. A empresa tornou-se especialista na produção de robôs desde sua fundação, e, atualmente, é líder global no desenvolvimento e implementação de robôs altamente móveis, inicialmente, utilizados para inspeção industrial, automatização de tarefas de manuseio em armazéns e robôs humanoide dinâmico para diversas atividades em ambientes industriais, bem como para tarefas como inspeção de áreas perigosas e assistência em operações de resgate (Boston Dynamics, 2024).

Apesar de atualmente não se autointitularem uma empresa de fundamentos biomiméticos nem biônicos, a origem de seu primeiro robô, denominado *Spot*, foi inspirado na locomoção de animais de quatro patas, como cães e outros mamíferos, com a finalidade de se movimentar com estabilidade e agilidade nas irregularidades de ambientes difíceis, sendo uma tendência à época (Boston Dynamics, 2024).

Atualmente, a revista Superinteressante (2024) destaca que os Estados Unidos estão testando uma versão militarizada do cão-robô *Spot*. Nesta nova configuração, o robô foi equipado com uma arma antitanque, representando uma mudança significativa em sua aplicação. O *Spot* agora está sendo adaptado para uso em operações militares, indicando uma transformação de suas funções comerciais para aplicações de defesa.

Figura 21 - Evolução comercial do robô Spot – De assistência e resgate ao militar



Fonte: SuperInteressante (2024) e *Boston Dynamics* (2024)

Esse caso evidencia como a transferência de funções naturais para tecnologias pode ser apropriada de formas que contrariam os valores intrínsecos de sustentabilidade e harmonia com o meio ambiente. Designers e empreendedores são, assim, convocados a avaliar não apenas os benefícios técnicos e econômicos de suas criações, mas também os potenciais impactos sociais e ambientais negativos.

Nesse contexto, a expansão científica e comercial da biomimética, evidenciada por Lepora *et al.* (2013) e exemplificada pela trajetória da *Boston Dynamics*, reflete tanto o potencial revolucionário quanto os desafios éticos que acompanham a integração de princípios naturais na tecnologia. A evolução do *Spot*, de uma solução voltada para segurança e assistência a um artefato militar, é um alerta para a importância de alinhar o desenvolvimento tecnológico com valores de sustentabilidade, responsabilidade social e respeito à vida, o que revela a urgência de se debater acerca de mecanismos de governança que aliem inovação técnica às dimensões éticas propostas por Dicks (2023), como a natureza como medida ética.

Em síntese, ilustrado pela Figura 22, a partir dos argumentos de Dicks (2023), percebe-se uma estruturação filosófica da biomimética, compreendendo cinco dimensões:

1. Em termos ontológicos (a relação Humano-Natureza), posiciona a natureza como o "ser" fundamental, cuja essência dinâmica e interdependente deve orientar as concepções sobre o mundo, ainda, na capacidade dos sistemas naturais e empresariais de se sustentarem e regenerarem continuamente, funcionando como entidades vivas;
2. No campo ético (a natureza normativa), a biomimética assume a natureza como medida, estabelecendo padrões ecológicos como critério normativo para avaliar as

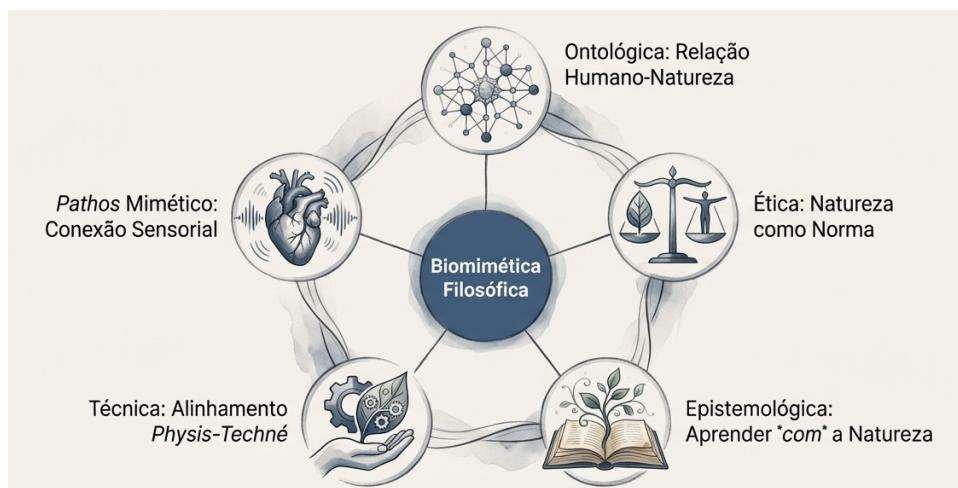
ações humanas, de modo a garantir que estas respeitem os limites e a resiliência dos sistemas naturais;

3. Epistemologicamente (aprender com a natureza), destaca-se a natureza como mentora, reconhecendo-a como uma fonte ativa de conhecimento, cujos princípios devem ser observados, compreendidos e aplicados de forma responsável, desafiando a visão reducionista que coloca o ser humano no centro do processo de aprendizado;

4. No aspecto técnico (a dimensão pragmática), apresenta-se como um modelo prático em que a técnica (*techné*) humana se alinha aos princípios da natureza (*physis*), colaborando com seus processos em vez de contrariá-los, promovendo soluções inovadoras e sustentáveis; e

5. Nas conexões emocionais com a natureza (conexão sensorial com a natureza), deve ir além de criar soluções funcionais para gerar experiências que ressoem emocionalmente nas pessoas, promovendo um senso de pertencimento e cuidado com a natureza. É inspirar um vínculo mais intenso com os sistemas naturais, recriando experiências como o fascínio ao estar em uma floresta ou sentir-se parte de um ecossistema interdependente.

Figura 22: Dimensões filosóficas que fundamentam a biomimética



Fonte: Elaborado pela autora

2.2.4 *Ethos Biomimético: O Princípio Organizador dos Modelos de Negócio*

A compreensão de que a biomimética não se limita a uma mera emulação de processos naturais, mas envolve, também, a articulação de valores éticos e a vivência afetiva com o meio ambiente, amplia significativamente os horizontes de pesquisa e aplicação. Se, por um lado, a dimensão *pathos* mimético realça o potencial de ressoar emocionalmente com os princípios inspirados na natureza, desencadeando interações mais profundas e sensíveis entre seres humanos e o entorno, por outro lado, ela evidencia os riscos de apropriações distorcidas, como ilustra o caso da tecnologia militarizada.

Assim, a proposta de Dicks (2024), ao incorporar a força do *pathos* mimético à biomimética, demonstra que não se pode tratar a inovação apenas como questão de eficiência ou sustentabilidade técnica, pois também é fundamental considerar como ela mobiliza afeto, adesão coletiva e sentido de pertencimento ecológico. Sobre isso o autor discorre:

[...] dessa perspectiva, está na própria natureza da biomimética instrumentalizar a natureza como um recurso imaterial, um repositório de conhecimento do qual podemos nos beneficiar (Dicks, 2023, p. 170).

[...]

Assim como o que é bom nas comunidades humanas não é a sua existência contínua como totalidades supraindividuais — uma visão que serve para legitimar a instrumentalização e o sacrifício de seus membros —, mas sim o fato de que elas proporcionam as condições para que seus membros possam prosperar, o mesmo, afirmo, é verdadeiro para a comunidade biótica global, ou seja, para Gaia. O que é bom em Gaia não é simplesmente que ela perdure, mas que ela forneça e mantenha um lar e, assim, também as condições para o potencial florescimento de seus habitantes vivos (Dicks, 2023, p. 190).

A busca por soluções tecnológicas inspiradas na vida, portanto, demanda uma leitura mais crítica que contemple tanto a harmonia funcional quanto a reverberação ética e emocional dessas criações. A emergência de modelos de negócio que se alinham a essa lógica não diz respeito apenas a uma mudança pontual de estratégia ou discurso, mas, sim, a uma transformação de mentalidade, na qual a relação com a natureza deixa de ser instrumentalizada e se converte em fundamento ontológico, epistemológico, ético, técnico e sensorial.

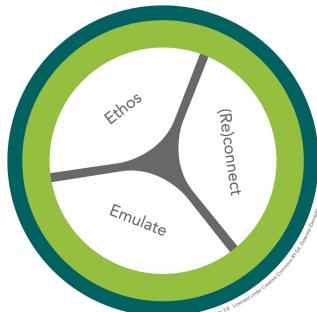
Enquanto a perspectiva de Dicks (2023, 2024), bem como a de Benyus (2002), convida a repensar o lugar do humano, ela estimula ao mesmo tempo empresas e instituições a

questionar quais valores estruturam suas práticas organizacionais e como essas práticas podem, de fato, promover um vínculo regenerativo com os sistemas vivos.

Nesse sentido, torna-se imperativo avançar para uma discussão acerca de como o *ethos* biomimético se converte em eixo norteador, não só para o desenvolvimento de produtos ou serviços, mas também para a própria forma de se fazer negócios e de habitar o planeta.

É precisamente essa reflexão sobre o *ethos*, enquanto princípio organizador, que ilumina o passo seguinte: compreender como a ferramenta *Essential Elements (EEtools)*, do *Biomimicry Institute*, e a incorporação de valores ecológicos na estrutura empresarial propiciam um modo de existir comprometido com a continuidade e a evolução da vida, marcando a biomimética não apenas como estratégia de inovação, mas como alicerce para a construção de modelos de negócio conectados às dinâmicas da natureza.

Figura 23 - *Essential Elements (EEtools)*



Fonte: (Biomimicry 3.8, 2025)

A ferramenta *EEtools*, constitui o núcleo metodológico do *Biomimicry DesignLens*, proposto pelo Biomimicry Institute (2024). Sua estrutura gira em torno de três pilares fundamentais:

1. Ethos: trata do compromisso ético de respeitar os limites e processos ecológicos, reconhecendo a interdependência entre seres humanos e natureza. Nesse sentido, não se restringe a uma postura moral individual, mas orienta a responsabilidade coletiva de alinhar inovações a princípios ecológicos;
2. (Re)connect: diz respeito ao esforço de reconexão sensorial, emocional e cognitiva com a natureza. Para que os princípios naturais sejam efetivamente incorporados em produtos e serviços, primeiro é necessário compreender a fundo o funcionamento dos sistemas vivos, nutrindo empatia e respeito pelo mundo natural;
3. Emulate: é o processo de imitar os sistemas vivos para criar soluções inovadoras e sustentáveis. Isso envolve a observação atenta dos processos naturais, a compreensão de suas estruturas e dinâmicas, e a aplicação dessas lições para resolver problemas humanos de forma mais eficiente e respeitosa ao planeta.

3. Emulate: representa a aplicação prática das estratégias da natureza em soluções humanas. Aqui, princípios biológicos - como eficiência no uso de recursos, adaptabilidade e cooperação - são traduzidos em desenho de processos, produtos e, cada vez mais, modelos organizacionais e de negócio.

Embora o *Essential Elements* tenha surgido, a princípio, para dar suporte ao desenvolvimento de *produtos e serviços* inspirados na natureza, o Biomimicry Institute (2024) reforça que a ferramenta vai além de uma mera técnica de design. Ao sistematizar esse tripé, *Ethos*, *(Re)connect* e *Emulate* (*EEtools*) funcionam como um guia para qualquer processo de inovação que pretenda reconhecer a natureza como fonte de aprendizado e como referência de sustentabilidade. Dessa forma, ele propõe um novo paradigma na interação entre seres humanos e sistemas vivos, pois não se limita a soluções isoladas, mas embute a ideia de cocriar com a natureza em todos os níveis da organização.

Sob a ótica dos modelos de negócios biomiméticos, o uso dessa sistemática permite reavaliar desde a escolha de matérias-primas até a concepção de estratégias de mercado, sempre guiado pelos princípios de respeito, cooperação e regeneração. A dimensão “*Ethos*” assegura a convergência das decisões empresariais com valores ecológicos; a “*(Re)connect*” promove a cultura interna de engajamento com a natureza, impulsionando criatividade, empatia e senso de responsabilidade; e, por fim, a “*Emulate*” viabiliza o desenvolvimento de produtos, processos e estruturas operacionais alinhados às estratégias funcionais observadas nos ecossistemas.

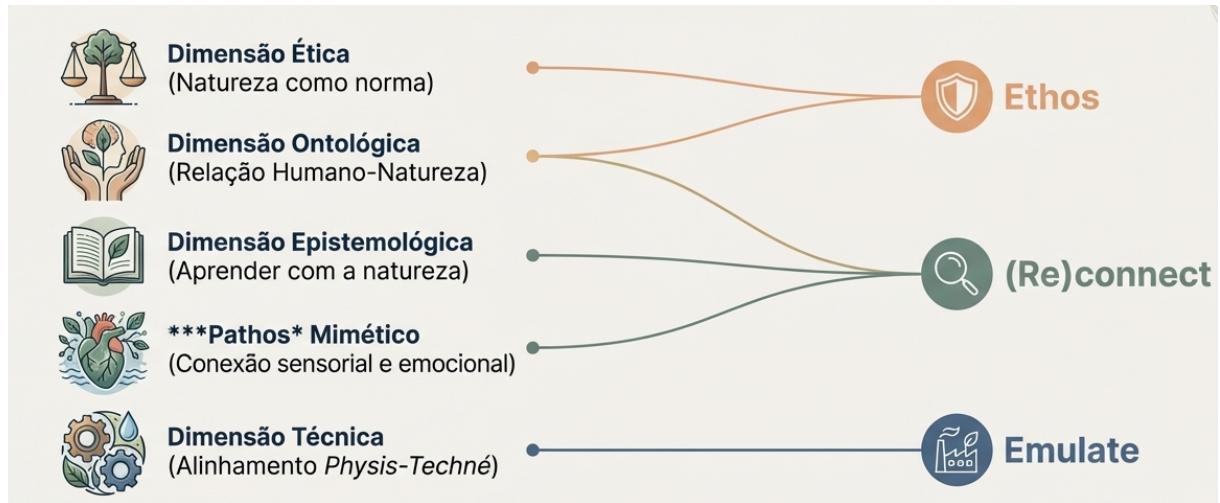
A proposta de complementar o *EEtools* com as cinco dimensões de Dicks (2023) aponta para um salto qualitativo na forma como as organizações podem estruturar modelos de negócio biomiméticos. Enquanto o modelo original já orientava projetos de produtos e serviços inspirados na natureza, a incorporação dos elementos ontológico, ético, epistemológico, técnico e experiencial amplia o alcance metodológico, promovendo um alinhamento entre inovação e ecologia. Desse modo, não se trata apenas de “copiar” soluções naturais, mas de internalizar o entendimento de que as organizações fazem parte de um ecossistema e devem atuar em consonância com ele.

Ao interligar as reflexões de Dicks à lógica do *Essential Elements*, abre-se caminho para repensar como *empresas* concebem suas estratégias e processos, passando da mera eficiência operacional para uma visão co-evolutiva, em que o desenvolvimento econômico se harmoniza com a continuidade dos sistemas vivos. Assim, cada decisão de negócio ganha uma lente

ecológica e ética, cada solução projeta maior integração com o entorno, e cada inovação desperta empatia e responsabilidade socioambiental.

A Figura 23 apresenta a integração das dimensões filosóficas propostas por Dicks ao framework dos EEtools. Assim, o framework destaca que práticas verdadeiramente regenerativas emergem quando a criação humana se harmoniza com os princípios ecológicos, potencializando inovação, responsabilidade e continuidade dos sistemas vivos.

Figura 24: Integração das dimensões filosóficas de Dicks (2023) ao framework dos EEtools



Fonte: Elaborado pela autora

Por consequência, os modelos de negócio biomiméticos que emergem desse framework combinam viabilidade financeira com práticas de gestão e design que espelham o dinamismo da natureza, priorizando ciclos regenerativos, cooperação e equilíbrio ecológico.

Trata-se de ir além da sustentabilidade vista como mitigação de danos, adotando uma postura genuinamente regenerativa e promotora de bem-estar para todos os envolvidos, humanos e não humanos. Nesse sentido, o *EEtools* se estende às cinco dimensões de Dicks e catalisa uma transformação cultural, influenciando positivamente tanto a forma de produzir como a de existir no mundo, sempre ancorada na potência criativa e resiliente dos ecossistemas.

2.2.5 A Ecovative Design

A Ecovative exemplifica na prática a integração dos três pilares do *EEtools* e das cinco dimensões propostas por Dicks (2023). Reconhecida mundialmente, essa organização norte-americana se destaca pelo desenvolvimento de soluções inovadoras em embalagens sustentáveis, utilizando micélio, que é a parte vegetativa dos fungos, como alternativa às matérias-primas derivadas de fontes não renováveis, como o petróleo. Seu principal produto, conhecido como *Mushroom Packaging* ou “embalagem de cogumelo” (Figura 8), combina resíduos agrícolas, como cascas de cereais, ao micélio, que funciona como um aglutinante natural, resultando em produtos totalmente biodegradáveis e compostáveis (Ecovative, 2024).

O *Ethos* e as cinco dimensões de Dicks (2023) revelam como a empresa se reconhece como parte integrante de um todo ecológico. Na dimensão ontológica, a produção a partir de resíduos agrícolas demonstra a integração da indústria aos processos naturais. A utilização de palha, cascas de sementes e outros subprodutos agrícolas como substrato para o cultivo de micélio reflete a adoção de um ciclo produtivo alinhado à circularidade ecológica. A integração sistêmica evidencia uma visão de design inspirada nos ciclos naturais, na qual o micélio transforma resíduos em materiais reutilizáveis e o produto final pode retornar ao solo como adubo.

Figura 25 - *Mushroom Packaging*



Fonte: Ecovative (2024)

Na dimensão ética, a Ecovative promove a substituição de plásticos por micélio, reduzindo o uso de petroquímicos e contribuindo para a preservação dos ecossistemas. Suas

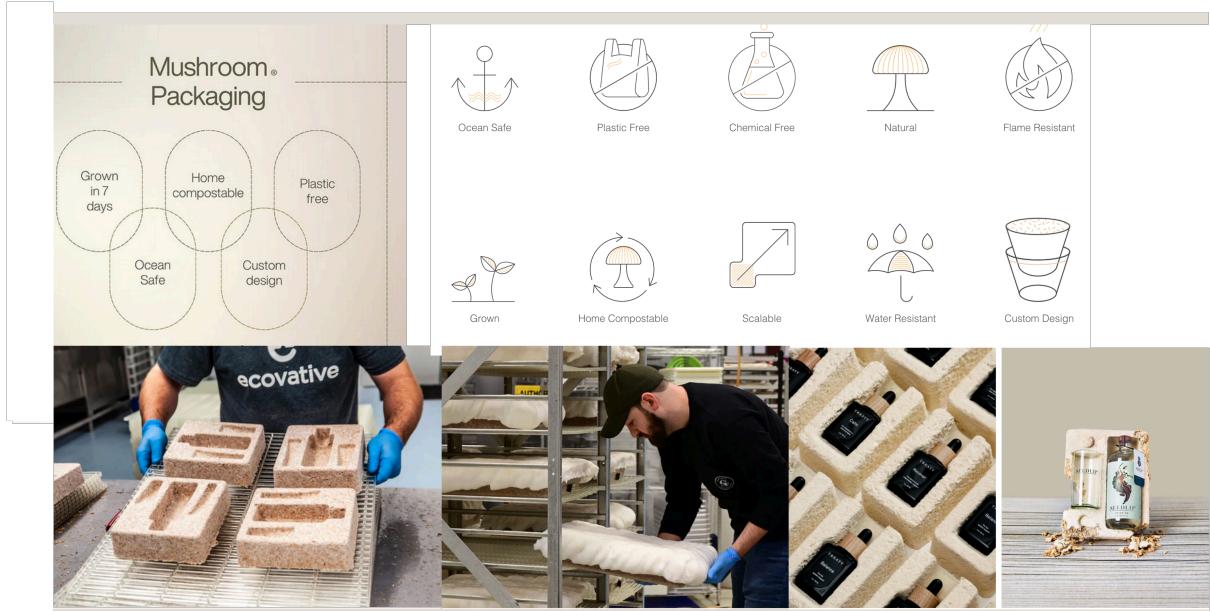
parcerias priorizam uma ética regenerativa, fortalecendo redes produtivas comprometidas com a sustentabilidade ambiental e social.

No aspecto epistemológico, a empresa fundamenta suas inovações em pesquisa aplicada em micologia, com laboratórios de P&D que estudam o comportamento dos fungos em diferentes condições. A colaboração com universidades garante a base científica necessária para a aplicação do conhecimento biológico ao desenvolvimento de produtos e processos.

A dimensão técnica se materializa na escalabilidade dos processos industriais baseados em biomateriais. O sistema de cultivo de micélio desenvolvido pela Ecovative permite reproduzir a produção em diferentes contextos, reduzindo custos e garantindo a viabilidade industrial (Figura 9). O design modular e adaptável dos compósitos de micélio permite sua aplicação em diversos setores, como embalagens, construção civil e mobiliário.

A dimensão experiencial da empresa se reflete nos workshops e cursos de imersão oferecidos a designers, engenheiros e estudantes, proporcionando uma vivência direta com os biomateriais e fomentando uma relação mais próxima com a biomimética.

Figura 26 – Processo produtivo da Ecovative Design



Fonte: Ecovative (2024)

O pilar *(Re)connect* se manifesta por meio de visitas a fazendas e centros de cultivo de micélio, permitindo que colaboradores e parceiros compreendam na prática a dinâmica dos sistemas vivos. A criação de comunidades de inovação aberta, como fóruns e *hackathons*,

incentiva a experimentação de novas aplicações do micélio e fortalece o senso de pertencimento ecológico proposto por Dicks (2023).

O pilar *Emulate* está presente na modelagem de processos baseada na lógica fúngica. A Ecovative inspira-se no modo como os fungos metabolizam resíduos orgânicos para projetar biorreatores que otimizam o cultivo de micélio. A ampliação do portfólio da empresa inclui produtos para a construção civil e pesquisas voltadas para aplicações têxteis, sempre fundamentadas na eficiência e circularidade dos sistemas biológicos.

Dentre os exemplos práticos destacados, sobressaem-se:

- a. As embalagens biodegradáveis de micélio, que substituem o isopor e os plásticos tradicionais. Essas embalagens são compostáveis e possuem instruções de descarte que incentivam a responsabilidade ambiental do consumidor;
- b. Na construção civil, os painéis de isolamento térmico e acústico feitos de micélio demandam menos energia na produção e podem ser compostados ao final de sua vida útil. As parcerias com produtores agrícolas valorizam resíduos, como a casca de semente de girassol, que se torna um insumo essencial para o cultivo de micélio, enquanto os subprodutos da fabricação retornam às fazendas como fertilizantes;
- c. Os programas educativos e iniciativas façá você mesmo também desempenham um papel fundamental na disseminação do conhecimento sobre biomimética. A Ecovative oferece kits pedagógicos para escolas e universidades, permitindo que estudantes cultivem micélio em sala de aula e compreendam na prática os conceitos da biotecnologia inspirada na natureza; e
- d. Os concursos promovidos pela empresa incentivam novas aplicações para biomateriais, aproximando as pessoas da lógica fúngica e do conceito de cooperação natural.

Em síntese, os exemplos práticos da Ecovative demonstram como a empresa materializa o *ethos* biomimético em suas operações. No *Ethos*, a governança e as práticas produtivas estão alinhadas aos princípios regenerativos e de sustentabilidade. No *(Re)connect*, a Ecovative fomenta uma cultura de engajamento sensorial e emocional com a natureza, promovendo parcerias, treinamentos e inovação aberta. No *Emulate*, a empresa traduz princípios de eficiência, cooperação e circularidade observados no mundo fúngico em processos industriais escaláveis. Essas iniciativas se entrelaçam às cinco dimensões de Dicks (2023), assegurando que cada aspecto da organização, da escolha de matérias-primas à

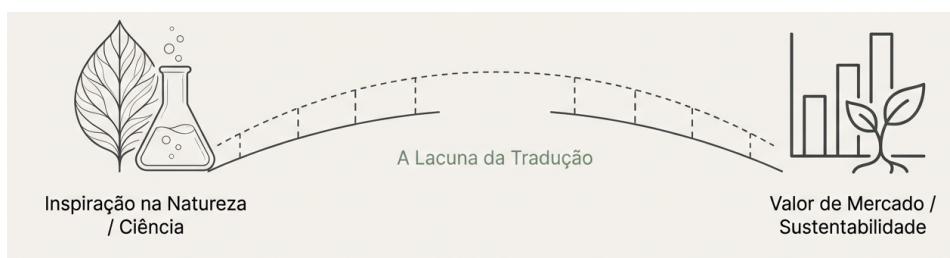
experiência do usuário final, reforce uma abordagem de negócio em que a biomimética não se limita a um método de design, mas se consolida como um fundamento ético, ecológico e cultural capaz de inspirar o florescimento da vida em múltiplos níveis.

2.3 CARACTERÍSTICAS DA BIOMIMÉTICA NAS ORGANIZAÇÕES

Em continuidade à reflexão sobre o *ethos* biomimético como princípio organizador dos modelos de negócio, torna-se fundamental identificar as características que definem a biomimética quando inserida nas organizações, especialmente no que concerne aos desafios de conciliar pesquisa científica e aplicação comercial. Essa discussão se intensifica à medida que se reconhece que a inovação inspirada na natureza não pode permanecer apenas em um nível conceitual, pois, sem uma estrutura adequada, as ideias biomiméticas tendem a perder impacto econômico e sustentabilidade efetiva (Ulhøi, 2021).

A Figura 27 evidencia a chamada “lacuna da tradução”, um dos principais desafios da biomimética contemporânea: transformar inspiração biológica e conhecimento científico em soluções que gerem valor econômico e sustentabilidade efetiva. Embora a natureza ofereça princípios sofisticados de eficiência, resiliência e regeneração, tais aprendizados frequentemente não se convertem em impactos reais devido à ausência de estruturas metodológicas e estratégicas capazes de conduzir essa passagem entre ciência e mercado.

Figura 27: Representação da lacuna de tradução entre a inspiração biológica e a geração de valor sustentável na biomimética



Fonte: Elaborado pela autora

A constatação de Ulhøi (2021) de que a tradução biomimética depende de três fases críticas, exploração científica, explicação teórica e exploração comercial, evidencia que, ao negligenciar uma fase inicial dedicada à compreensão aprofundada dos conceitos biológicos,

há riscos de abordagens superficiais e de desconexão entre a ciência e o mercado. Tais lacunas se refletem em modelos de negócio que não incorporam, de forma sistemática, princípios regenerativos e, portanto, não geram valor sustentável a longo prazo.

Em complemento, como visto anteriormente, Dicks (2023, 2024) argumenta que essa pré-fase exploratória deve contemplar as sutilezas dos sistemas vivos, traduzindo-as em fundamentos ontológicos (visão sistêmica de empresas, sociedades e natureza como elementos aninhados), epistemológicos (natureza como fonte de conhecimento estratégico), técnicos (ferramentas metodológicas de aplicação), éticos (princípios que questionam o impacto socioambiental) e experienciais (interações sensoriais que fomentam respeito e engajamento).

Considerando esses fundamentos, supera-se o desconhecimento ontológico à medida que se entende o modelo de negócio como parte de um ecossistema maior, no qual cada elemento interage de maneira interdependente. Em paralelo, a internalização dos princípios epistemológicos sugere tomar a natureza não apenas como metáfora, mas como fonte legítima de conhecimento, postura que requer métodos de pesquisa transdisciplinares e abertura à complexidade dos padrões vivos. A dimensão técnica implica desenvolver processos e ferramentas que conectem esses princípios naturais às operações organizacionais, assegurando escalabilidade e aplicabilidade prática. Do ponto de vista ético, a preocupação com impactos ambientais e sociais deixa de ser uma superficialidade retórica e passa a orientar decisões estratégicas, ao passo que a dimensão experiencial conclama a projetar espaços, métodos e rituais corporativos que intensifiquem a reconexão com os sistemas naturais, nutrindo empatia e senso de responsabilidade.

Essas diretrizes ganham força quando se observa o alinhamento entre os fundamentos de Dicks (2023, 2024) e a lógica “Incorporada” de Marcus *et al.* (2010). Enquanto a primeira estrutura o porquê (ética, ontologia) e o como (técnica, epistemologia e experiência) da biomimética, o segundo traz uma complementação ao indicar onde tal abordagem se insere, isto é, em sistemas aninhados de negócios, sociedade e natureza, e para quê se orienta, no caso no ordenamento de valores que prioriza a sustentabilidade como condição de possibilidade para o bem-estar social e, consequentemente, para a viabilidade econômica.

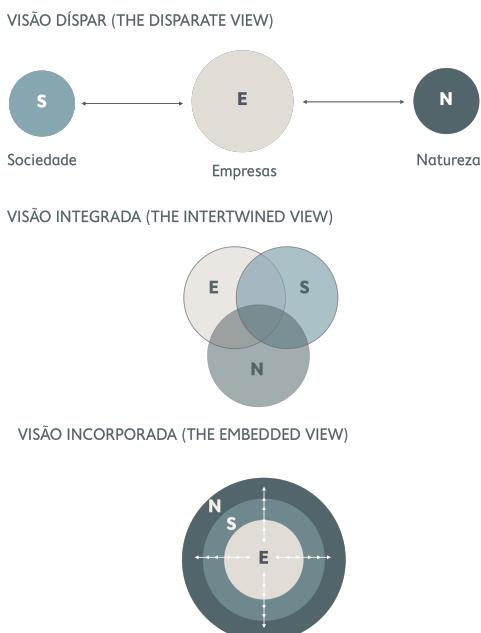
Marcus *et al.* (2010), ao explorarem concepções implícitas e explícitas dessa interação na literatura de gestão, evidenciam a importância de adotar uma abordagem agregada, que ultrapasse visões fragmentadas e oportunize maior entendimento das dinâmicas envolvidas.

Pode-se inferir que a visão Incorporada, que reconhece negócios, sociedade e sistemas como aninhados, oferece uma estrutura mais adequada para representar os modelos de negócios biomiméticos. Sobre isso, o autor argumenta:

A visão incorporada destaca que os sistemas de negócios, sociedade e natureza são aninhados, com a sociedade dependendo da natureza e os negócios dependendo da sociedade e da natureza. Essa interdependência define as condições para a sustentabilidade (Marcus *et al.*, 2010).

O elo entre a visão dos autores e a biomimética determina a compreensão de que tanto uma gestão corporativa quanto a biomimética buscam integrar e harmonizar suas práticas com os sistemas maiores aos quais estão intrinsecamente conectados. Os autores exploram três concepções da interface entre negócios, sociedade e natureza (Figura 10): *Disparate* (Díspar), *Intertwined* (Entrelaçada) e *Embedded* (Incorporada).

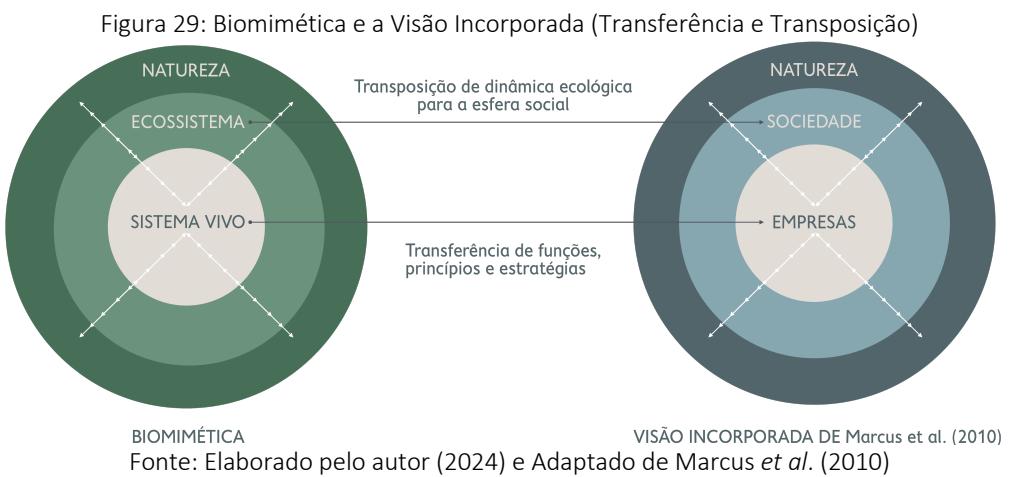
Figura 28 - As três concepções da interface entre negócios, sociedade, natureza



Fonte: Adaptado de Marcus *et al.* (2010)

Dessa perspectiva, as empresas dependem de sociedades estruturadas, que, por sua vez, necessitam de ecossistemas saudáveis. A biomimética, em sua essência, reconhece essa hierarquia aninhada e propõe um modelo circular, sobretudo, regenerativo, no qual cada ação organizacional deve ser avaliada segundo seus reflexos no ambiente natural e no tecido social que a envolve.

A adoção dessa visão “Incorporada” torna-se mais clara quando se ilustra a noção de transferência e transposição. Na figura correspondente (Figura 11), o diagrama da esquerda representa um “sistema vivo” inserido em um “ecossistema” e, por sua vez, em “natureza”; já no diagrama da direita, substitui-se o foco “biomimético” por uma perspectiva organizacional, situando “empresas” em uma “sociedade” imersa na “natureza”. Nesse paralelo, percebemos que os princípios básicos dos sistemas vivos - interdependência, sinergia, cooperação, regeneração - devem transpor-se à lógica empresarial. Em outras palavras, compreender como organismos se adaptam, como fluxos de energia e recursos são distribuídos em ecossistemas, e como as espécies convivem em redes simbióticas informa práticas de gestão, liderança, inovação e estratégia organizacional.



É nesse ponto que se evidencia a conexão com as dimensões apontadas por Dicks (2023). No campo ontológico, reconhece-se que negócios, sociedade e natureza são sistemas aninhados, rompendo a visão fragmentada na qual a empresa é um ente independente.

No âmbito ético, reafirma-se a natureza como critério normativo, superando ações meramente extrativistas e atentando-se à capacidade de resiliência dos ecossistemas. Do ponto de vista epistemológico, a biomimética convida a aprender com os padrões de organização da vida, ressignificando a prática corporativa e exigindo pesquisa aplicada que se oriente pela complexidade viva. A dimensão técnica concretiza essa visão ao desenhar ferramentas que traduzem princípios naturais em inovação viável, ao passo que a dimensão emocional ou experiencial assegura o engajamento genuíno de pessoas e comunidades, sem o qual a biomimética ficaria restrita a conceitos abstratos ou simples apelos mercadológicos.

Em síntese, as características da biomimética aplicada às organizações se ancoram na percepção de que os sistemas vivos fornecem não apenas metáforas, mas modelos legítimos de funcionamento e evolução. Ao deslocar o olhar da empresa como centro autônomo para a sua inserção em camadas socioecológicas mais amplas, a sustentabilidade ambiental se antecipa aos objetivos puramente econômicos. Esse reposicionamento cognitivo, ético e prático transcende a velha lógica de mitigação de danos e aprofunda a ideia de regeneração, na qual modelos de negócio passam a atuar como agentes que cooperam para o florescimento da vida, humana e não humana. Dessa forma, a superação de lacunas entre ciência e mercado depende de uma pré-fase que integre o conhecimento dos princípios biológicos à estratégia comercial, aliada a um compromisso ético que coloca a vida no centro da inovação organizacional.

2.3.1 Ordenamento de valores: sustentabilidade, bem-estar e objetivos econômicos

De acordo com Marcus *et al.* (2010), a visão Incorporada implica em um “ordenamento de valores” que prioriza, em primeiro lugar, a sustentabilidade ambiental, depois o bem-estar social e, por fim, os objetivos econômicos. Nessa perspectiva, observa-se que cada organismo, ou conjunto de organismos, só pode prosperar se o ecossistema que o abriga estiver equilibrado, tal como argumenta Capra (1996, p. 34) ao afirmar que “a teia da vida é composta por padrões de interdependência nos quais todos os seres vivos se sustentam mutuamente”.

A partir dessa base conceitual, insere-se a lógica de que o ambiente natural é a camada primordial, pois sem a manutenção dos seus processos ecológicos não há possibilidade de desenvolvimento saudável das sociedades. A ética proposta por Dicks (2023), que estabelece padrões ecológicos como critérios normativos, reflete-se na hierarquia de valores de Marcus *et al.* (sustentabilidade > bem-estar social > objetivos econômicos). Ao tratar a natureza como medida, a biomimética impõe limites éticos às atividades humanas, coibindo práticas extrativistas e garantindo que as empresas operem dentro da capacidade de resiliência dos ecossistemas.

Nessa mesma linha, Marcus *et al.* (2010) defendem que o cuidado com a natureza se sobrepõe às outras instâncias de valor, uma vez que sem a estabilidade ambiental não se pode garantir a vida das pessoas, bem como o florescimento de quaisquer atividades econômicas.

Com efeito, a segunda camada desse ordenamento volta-se ao bem-estar social. Trata-se de garantir que as comunidades humanas encontrem condições de saúde, segurança, educação e solidariedade para crescer e se desenvolver. De acordo com Meadows (2008), a dimensão social só pode ser sustentada a longo prazo se houver um equilíbrio nos fluxos de energia e matéria que atravessam o sistema. Em outras palavras, a sociedade humana está condicionada à disponibilidade de recursos e às condições ecológicas que a cercam. Além disso, esse bem-estar coletivo não deve ser apenas mantido, mas ampliado por meio de estruturas de cooperação, participação política e distribuição equitativa de oportunidades.

Manzini (2015) destaca que a construção de bem-estar social depende de estratégias descentralizadas de inovação, onde cidadãos e organizações atuam como co-criadores de soluções adaptáveis ao contexto local. Hutchins (2012) complementa essa visão ao demonstrar que a natureza sustenta sua própria viabilidade ao operar dentro de ciclos fechados de matéria e energia, garantindo que os fluxos de recursos não sejam apenas utilizados, mas continuamente reciclados e redistribuídos. Dessa forma, o bem-estar social pressupõe modelos organizacionais que imitem essa lógica, permitindo que comunidades prosperem de maneira integrada ao ambiente natural, ao invés de explorá-lo de forma predatória.

Somente depois de assegurados a sustentabilidade ambiental e o bem-estar social é que se pode contemplar os objetivos econômicos de forma legítima. Raworth (2017) corrobora essa ideia e argumenta que a economia deve ser concebida como um sistema aberto e interdependente da biosfera, e não como um modelo isolado e autossuficiente, como tradicionalmente representado na economia neoclássica.

Nesse sentido, ela critica a dependência excessiva do PIB como métrica de progresso, uma vez que esse indicador desconsidera externalidades ambientais e sociais, perpetuando um crescimento degenerativo. Em contraposição, a autora propõe o conceito do *Doughnut*, que estabelece um equilíbrio entre os limites planetários e as bases sociais para o desenvolvimento humano, enfatizando que a viabilidade econômica deve operar dentro desse espaço seguro e justo. Essa abordagem ressoa com a perspectiva de Lovins *et al.* (1997)

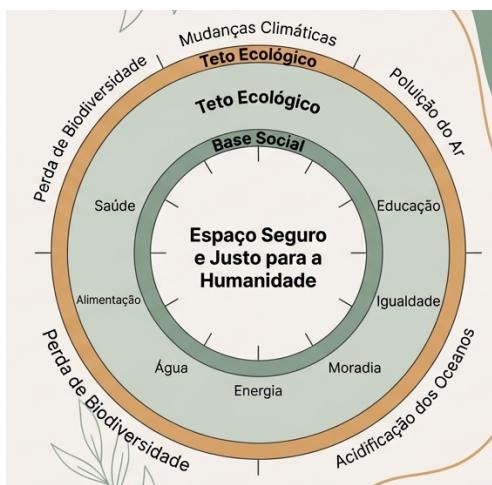
Além disso, Raworth (2017) desafia a lógica das correntes teóricas que sugerem o crescimento econômico inicialmente degrada o meio ambiente, mas, em estágios posteriores, propicia melhorias. A autora argumenta que essa visão é falaciosa, pois ignora os limites biofísicos do planeta e a urgência de estratégias econômicas regenerativas desde o princípio. No modelo econômico tradicional, o lucro e a expansão da produção são tratados como fins

em si mesmos, desconsiderando sua função instrumental para a sustentabilidade e a justiça social.

No entanto, conforme apontado por Marcus *et al.* (2010), essa inversão hierárquica compromete a resiliência sistêmica e, a longo prazo, a viabilidade dos próprios mercados. Raworth (2017) enfatiza que as economias devem ser projetadas para serem regenerativas e distributivas, garantindo que os fluxos de riqueza sejam revertidos para fortalecer o suporte ecológico e aprimorar as condições sociais. Assim, a visão apresentada em *Doughnut* reforça a necessidade de um modelo econômico que transcenda a maximização do crescimento pelo crescimento, alinhando a prosperidade organizacional à preservação dos sistemas naturais e à equidade intergeracional.

A economia não é um sistema isolado. A "Economia Donut" de Kate Raworth (2017) oferece o modelo para uma economia que prospera dentro dos limites planetários (o teto ecológico) e acima das necessidades humanas essenciais (a base social). Esta abordagem desafia a lógica do crescimento do PIB como métrica principal, pois este ignora externalidades. A economia deve ser projetada para ser regenerativa e distributiva por princípio.

Figura 30: Espaço seguro e justo para a humanidade entre limites sociais e ecológicos (*Doughnut*)



Fonte: Adaptado de Raworth (2017)

Um ponto essencial, quando se pensa em modelos de negócio sob a ótica desse ordenamento é reconhecer que a empresa não pode funcionar como um elemento isolado, mas, sim, como um subsistema inserido em escalas maiores. Sob o paradigma biomimético, ao planejar um modelo de negócio, é crucial reorientar a lógica de valor. Em vez de considerar o

valor econômico como fim, a empresa alinha seus objetivos de lucro à manutenção e regeneração dos sistemas vivos.

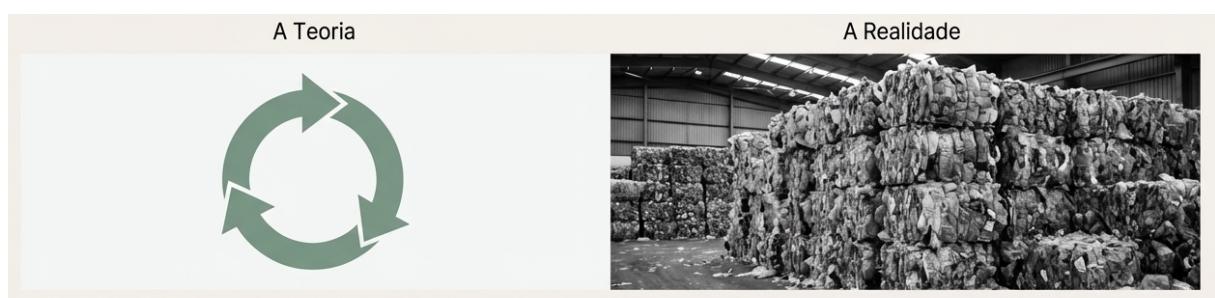
Essa abordagem pode ser vista, por exemplo, na adoção de modelos circulares, que se inspiram nos ciclos naturais de “não desperdício”, no qual o “resíduo” de um processo se torna recurso de outro. Assim, produtos e serviços são concebidos para ter ciclos de vida estendidos, capazes de retornar à natureza sem impactá-la negativamente. Conforme Benyus (2002), para a biomimética, o resíduo não é apenas um problema técnico a ser resolvido, mas uma falha de design que ignora a inteligência dos ecossistemas, onde nada é desperdiçado.

No entanto, essa integração sistêmica esbarra em desafios práticos. Por exemplo, empresas que adotam a economia circular tradicional que priorizam a reciclagem de materiais sem questionar a lógica do crescimento infinito, perpetuando a extração de recursos. Já a biomimética exige uma redefinição do próprio conceito de valor, em vez de "fazer menos mal", busca-se regenerar sistemas danificados.

Esses modelos, embora inspirem-se na ideia de ciclos naturais, ainda tratam a natureza como recurso para otimizar processos produtivos e não como um sistema interdependente no qual a empresa está integrada. Além disso, o modelo circular pode gerar efeitos reversos, como o aumento do consumo devido à percepção de sustentabilidade que mascara a falta de mudanças estruturais reais (Olaizola *et al.*, 2020).

Kopnina e Poldner (2022) alertam que os modelos de circularidade correm o risco de serem cooptados pelo *greenwashing* quando sua linguagem é usada para maquiar a falta de mudanças estruturais, como ocorre com certificações ambientais questionáveis ou campanhas de marketing que destacam produtos "inspirados na natureza", mas mantêm práticas exploratórias.

Figura 31: Risco de *greenwashing* na adoção superficial da circularidade



Fonte: Elaborado pela autora

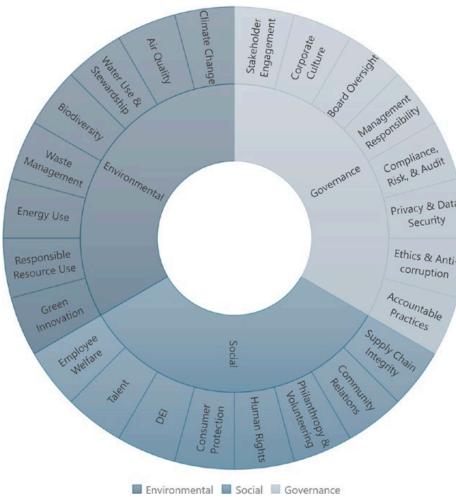
O ordenamento de valores, sem dúvidas, mostra a aparente dicotomia entre o paradigma antropocêntrico, que privilegia estratégias orientadas para lucros de curto prazo - e o paradigma ecocêntrico, o qual concebe a economia como um subproduto da harmonia com o meio ambiente. Essa aparente tensão traz uma falsa impressão de um embate de valores de difícil conciliação. Todavia, é possível argumentar que a hierarquia de valores defendida pela biomimética não precisa, necessariamente, dissociar-se das dinâmicas mercadológicas contemporâneas (Mead, 2017).

Embora muitas organizações se mantenham alinhadas ao modelo tradicional de negócios, há espaço para a incorporação gradual de princípios biomiméticos. Nesse contexto, o desafio central não reside tanto na rigidez ou flexibilidade dessa hierarquia, mas na identificação de estratégias que integrem, de maneira prática, os princípios da regeneração e do equilíbrio sistêmico em ambientes corporativos que tradicionalmente priorizam o crescimento acelerado e a maximização de resultados imediatos.

2.3.2 Empresas ESG e a Biomimética

A partir desse cenário, observa-se, atualmente, uma crescente adesão a práticas ESG (ambiental, social e governança) em diversos setores econômicos. Essas empresas focam em critérios medíveis que avaliam o impacto ambiental e social das atividades empresariais, alinhando-se aos interesses de *stakeholders* e exigências regulatórias (Noeth, 2024).

Figura 32: Dimensões ESG como critérios mensuráveis de impacto corporativo



Fonte: Noeth, 2024

A Figura 32 apresenta um diagrama circular que ilustra os principais componentes da estrutura ESG, destacando as áreas específicas de cada dimensão. A seção ambiental (E) abrange aspectos como mudanças climáticas, qualidade do ar, biodiversidade e gestão de resíduos, refletindo a preocupação com a sustentabilidade e o uso responsável dos recursos naturais. A dimensão social (S) inclui elementos como direitos humanos, diversidade, equidade e inclusão, proteção ao consumidor e relações comunitárias, enfatizando a responsabilidade das organizações para com a sociedade. Já a dimensão governança (G) trata de questões como responsabilidade gerencial, segurança de dados, práticas anticorrupção e supervisão do conselho, evidenciando a importância da transparência e da integridade corporativa. Esse diagrama auxilia ao oferecer uma visão estruturada dos principais fatores que compõem a matriz do ESG, permitindo que empresas identifiquem e priorizem áreas estratégicas para fortalecer sua sustentabilidade, impacto social e governança corporativa (Noeth, 2024).

Inicialmente, tal movimento pode ser interpretado como um avanço rumo a modelos de negócios mais conscientes e responsáveis. No entanto, evidências sugerem que parte dessas iniciativas se mantém em um patamar superficial, refletindo, em muitos casos, um alinhamento retórico às tendências mercadológicas, em vez de uma internalização efetiva dos preceitos regenerativos. É nesse ponto que se identificam oportunidades para os modelos de negócios fundamentados na biomimética.

Essa questão é evidenciada por Godelnik (2021) ao apontar que a incorporação do ESG nas estratégias corporativas tem sido criticada por sua superficialidade, restringindo-se

frequentemente a relatórios formais sem promover mudanças estruturais. A desconexão entre divulgação e prática é evidente, visto que, apesar do relato de riscos climáticos, muitas empresas seguem ampliando suas emissões de CO₂. Além disso, a priorização da medição e do cumprimento de indicadores reforça uma cultura de conformidade em detrimento de transformações sistêmicas. A ausência de padrões unificados entre os frameworks ESG compromete a comparabilidade e avaliação efetiva do desempenho sustentável. Ademais, a sustentabilidade corporativa permanece ancorada em um modelo incremental, onde mudanças marginais não desafiam a lógica do capitalismo de acionistas, mantendo a maximização do lucro como prioridade. Por fim, barreiras estruturais e a mentalidade corporativa de curto prazo fazem com que o ESG seja visto como um custo adicional, e não como um investimento estratégico de longo prazo.

A partir desse cenário, muitas empresas tratam a sustentabilidade como algo mecânico, ou seja, acreditam que basta medir e relatar os impactos ambientais e sociais para automaticamente melhorá-los. Essa abordagem funciona como se a empresa fosse uma máquina: quando uma peça (um problema de sustentabilidade) dá defeito, basta consertá-la (fazer um ajuste no relatório ESG). O problema dessa visão mecânica é que o mundo dos negócios é complexo e imprevisível, e problemas ambientais e sociais não podem ser resolvidos apenas com pequenos ajustes. Godelnik (2021) propõe uma abordagem biológica, onde as empresas são vistas como sistemas vivos e adaptáveis. Isso significa que, em vez de apenas "consertar peças", as empresas deveriam se transformar continuamente para se ajustar ao ambiente e integrar a sustentabilidade de forma real, não apenas nos relatórios.

Nesse contexto, a questão central reside na capacidade dos modelos ESG de incorporar, de maneira prática e sistêmica, os princípios da biomimética, consolidando-a como um referencial estratégico para a sustentabilidade corporativa. Embora métricas como a redução das emissões de carbono, a promoção de uma governança inclusiva e a responsabilidade social representem avanços, a adoção plena de uma lógica ecocêntrica demanda um processo de transformação progressivo.

Esse percurso envolve uma reconfiguração estrutural gradual, na qual o lucro, tradicionalmente tratado como o objetivo central das organizações, passa a ser compreendido como um subproduto de uma estratégia empresarial cada vez mais orientada por processos naturais, circulares e regenerativos. Embora o discurso ESG tenha ganhado destaque, a transição para práticas que conciliem, de forma efetiva, a competitividade econômica com a

sustentabilidade dos ecossistemas ainda ocorre de maneira fragmentada, evidenciando a necessidade de um comprometimento contínuo e evolutivo por parte das organizações.

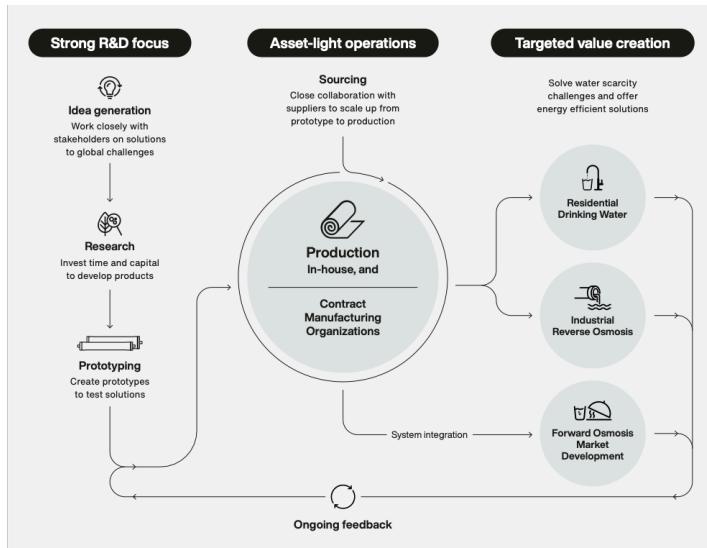
Adicionalmente, a integração dos princípios biomiméticos no âmbito corporativo revela paradoxos inerentes ao contexto de mercados altamente competitivos. A adoção de uma abordagem Integrada pode encontrar resistência, seja por ausência de incentivos adequados ou pelo receio de assumir custos relacionados à transição. Tais desafios, contudo, não desqualificam a relevância do modelo biomimético, mas ressaltam a necessidade de desenvolver estratégias que conciliem inovação regenerativa e viabilidade financeira. Dessa forma, vislumbra-se um espaço propício para a convergência entre empresas orientadas por critérios ESG e aquelas que se inspiram na biomimética, enquanto a aplicação de critérios de impacto e governança pode conferir legitimidade às iniciativas corporativas, a inovação baseada em processos regenerativos pode injetar vitalidade e competitividade ao escopo tradicional do ESG.

2.3.3 A Empresa Aquaporin

A Aquaporin configura-se como um exemplo de empresa que identificou oportunidades estratégicas para operar segundo o ordenamento de valores biomiméticos, ao mesmo tempo em que evidencia uma estrutura alinhada aos princípios da matriz ESG. Fundamentada em avanços científicos sobre as proteínas aquaporinas, essenciais para os processos biológicos de transporte de água nas células, a empresa baseia sua tecnologia na tradução das estratégias naturais para enfrentar a crescente crise hídrica global.

A descoberta dessas proteínas, reconhecida com o Prêmio Nobel de Química concedido a Peter Agre em 2003, consolidou um novo campo de pesquisa sobre mecanismos biológicos de filtragem e purificação da água. A partir desse arcabouço teórico e experimental, a Aquaporin desenvolveu soluções inovadoras que replicam tais processos naturais, permitindo a criação de membranas biomiméticas que otimizam a eficiência na purificação da água, promovendo um modelo de negócios que concilia inovação tecnológica, viabilidade econômica e sustentabilidade ambiental (Aquaporin, 2024).

Figura 33: Modelo de negócio Empresa Aquaporin



Fonte: Aquaporin (2024)

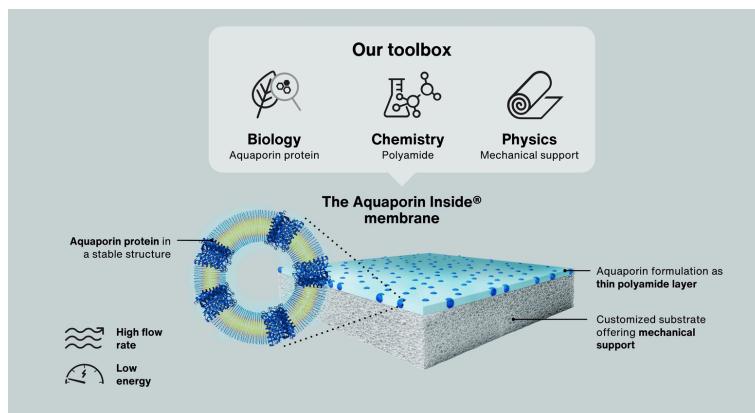
O modelo de negócio da empresa, conforme representado na Figura 33, estrutura-se em três pilares estratégicos: Foco em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), Operações e Criação de Valor. O processo inicia-se com a geração de ideias, promovida por meio de uma colaboração estreita com stakeholders, visando o desenvolvimento de soluções inovadoras para os desafios globais relacionados à escassez de água. Em seguida, a empresa direciona investimentos para P&D, aprimorando suas tecnologias e criando protótipos que passam por testes rigorosos para validação de desempenho e viabilidade técnica. A biomimética manifesta-se de forma central nesse modelo de negócio, especialmente na fase de P&D, onde os princípios naturais são traduzidos em tecnologias aplicáveis, no caso, na produção das membranas biomiméticas, que replicam os processos de filtragem da água observados em sistemas biológicos.

A etapa de produção combina manufatura interna e parcerias com organizações contratadas especializadas, garantindo escalabilidade e eficiência operacional. A operacionalização desse modelo é sustentada por um rigoroso controle de custos, que assegura a retenção do conhecimento estratégico dentro da empresa, ao mesmo tempo em que potencializa a colaboração com parceiros para otimizar processos produtivos. Essa abordagem colaborativa reduz a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura e possibilita a alocação eficiente de recursos, maximizando a inovação sem comprometer a sustentabilidade financeira.

A última fase do modelo de negócios concentra-se na criação de valor, na qual a empresa estrutura suas soluções para atender a três segmentos estratégicos: água potável residencial, osmose reversa industrial e desenvolvimento de mercado de osmose direta. Esses setores são abordados com foco na eficiência energética e na mitigação da escassez hídrica, garantindo que a inovação tecnológica seja aplicada em contextos de alto impacto ambiental e social.

Todo o ciclo de inovação é retroalimentado por um sistema contínuo de feedback, no qual novos requisitos obtidos a partir da interação com clientes e parceiros estratégicos são incorporados ao processo de P&D, promovendo aprimoramentos contínuos nas soluções oferecidas. Esse modelo dinâmico não apenas fortalece a competitividade da empresa no setor de purificação da água, mas também assegura sua capacidade de adaptação a novas demandas de mercado.

Figura 34: Estrutura e o funcionamento da membrana Aquaporin Inside



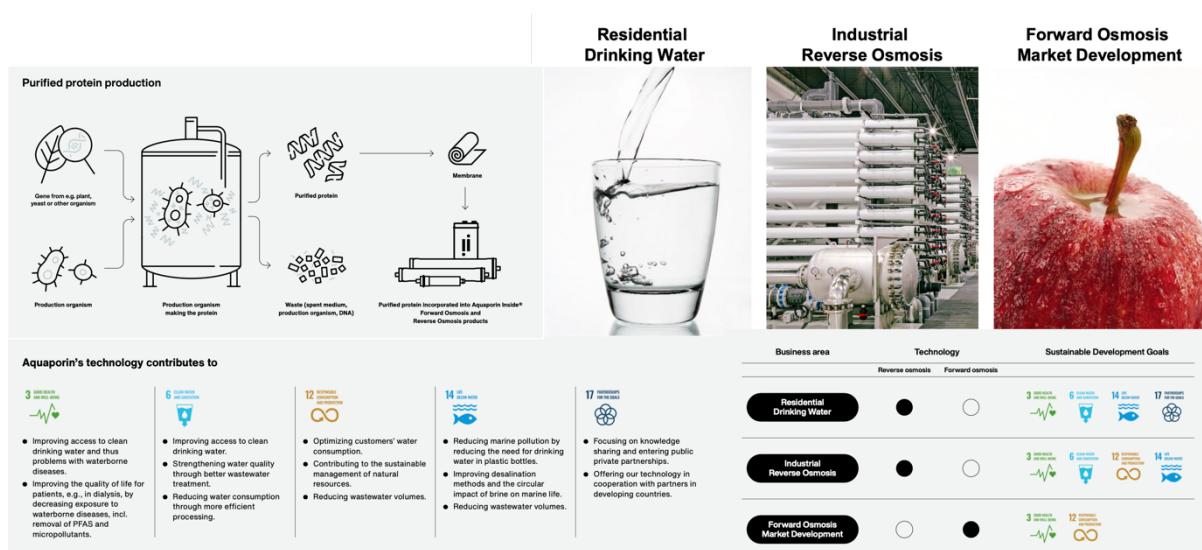
Fonte: Aquaporin (2024)

A Figura 34 mostra a estrutura e o funcionamento da membrana e constitui um avanço significativo na aplicação da biomimética para a purificação da água, ao integrar princípios de biologia, química, física e design em um sistema altamente eficiente. É estruturada a partir da incorporação de proteínas de aquaporina, cuja função biológica natural permite o transporte seletivo de água com alta taxa de fluxo e baixo consumo energético. Esse mecanismo é potencializado por uma camada fina de poliamida, responsável pela seletividade da filtragem, garantindo a retenção de impurezas sem comprometer a eficiência do processo. Além disso, um substrato mecânico personalizado proporciona suporte estrutural, assegurando a

durabilidade e estabilidade operacional do sistema. A convergência desses elementos resulta em uma solução que reduz a necessidade de alta pressão, otimizando a eficiência energética e promovendo um modelo sustentável de purificação da água. Dessa forma, a tecnologia evidencia o potencial da biomimética na engenharia de materiais, ao replicar estratégias adaptativas da natureza para aprimorar processos industriais e ampliar a viabilidade de sistemas inovadores no tratamento de recursos hídricos.

Do ponto de vista da proposta sustentável da empresa, A Figura 35 apresenta uma visão integrada do modelo de produção, áreas de atuação e contribuição da Aquaporin para os ODS. O processo produtivo da empresa baseia-se na produção de proteínas purificadas, utilizando organismos como leveduras e bactérias. A tecnologia desenvolvida consiste em inserir genes específicos nesses organismos para que sintetizem a proteína aquaporina, o que é essencial para seus produtos. Após a purificação, essas proteínas são incorporadas às membranas de osmose reversa e osmose direta, permitindo sua aplicação em diferentes setores industriais. Essa tecnologia biomimética sustenta as três principais áreas de aplicação da empresa: a purificação de água potável residencial, voltada para o uso doméstico, a osmose reversa industrial, que melhora a eficiência energética no tratamento de água em setores produtivos e, por fim, o desenvolvimento de mercado para osmose direta, explorando aplicações específicas no setor de alimentos e bebidas, como a concentração de líquidos sem comprometer suas propriedades naturais.

Figura 35: Proposta sustentável da Aquaporin



Fonte: Adaptado de Aquaporin (2024)

A China representa um mercado estratégico fundamental para a Aquaporin, especialmente no segmento de purificação de água residencial. A empresa estabeleceu uma parceria exclusiva com a *Philips Water Solutions*, para desenvolver e comercializar suas membranas para os equipamentos domésticos de purificação de água (Figura 36). Essa colaboração se mostrou extremamente bem-sucedida, impulsionada pelo crescimento do TikTok na China, que permitiu uma abordagem de marketing eficaz, com a narrativa que expressa a “água filtrada pela natureza”, explorando tanto os aspectos técnicos quanto emocionais da solução. O resultado foi um crescimento de 500% nas vendas, alcançando cerca de 140.000 lares chineses equipados com a tecnologia *Aquaporin Inside* em 2022. A empresa projeta que esse número alcance 500.000 lares chineses até o final de 2024.

Figura 36 – Produto em colaboração e parcerias com outras empresas



Fonte: Aquaporin (2024)

O projeto de ESG é estruturado, no âmbito ambiental, com foco na redução do consumo energético e na eficiência hídrica, uma vez que a sua solução diminui em até 30% o gasto energético em processos de purificação de água. Além disso, desde 2019, a empresa reduziu em 24% suas emissões de carbono e implementou o uso de 75% de energia renovável em suas operações globais. A estratégia também contempla a redução da poluição marinha ao minimizar rejeitos salinos e incentivar a substituição de garrafas plásticas por sistemas eficientes de filtragem, reforçando seu alinhamento com os ODS 6 (Água Limpa e Saneamento) e ODS 14 (Vida na Água).

No eixo de governança e impacto social, a empresa adota práticas de transparência corporativa, reportando anualmente sua matriz ESG em conformidade com a lei de seu país de origem, a Dinamarca. A diversidade e inclusão também são prioridades, refletidas no aumento

da participação feminina na força de trabalho, atualmente em 37%, com políticas voltadas para ampliar essa representatividade. A Aquaporin promove colaborações estratégicas com parceiros globais e governos locais, facilitando a democratização do acesso à água potável e garantindo que suas soluções tenham impacto em comunidades vulneráveis. Seu modelo de parcerias público-privadas reforça seu compromisso com o ODS 17 (Parcerias para a Implementação dos Objetivos), consolidando uma abordagem ESG que vai além da retórica e se traduz em inovações concretas para um futuro sustentável. Esses resultados são publicados em relatórios anuais, conforme a Figura 37:

Figura 37 – Matriz ESG com dados reais da empresa

		Unit	2023	2022	2021	2020
Environment						
Direct GhG emissions (Scope 1)	Tons CO ₂ e	333	285	331	396	
Indirect GhG emissions (Scope 2 - electricity) - location-based*	Tons CO ₂ e	39	76	111		
Indirect GhG emissions (Scope 2 - electricity) - market-based	Tons CO ₂ e	151	178	202	239	
Electricity consumption	Megawatt hours	359	443	545	647	
Natural gas (heating)	m ³	144,120	124,570	145,868	173,234	
Renewable energy share (scope 2)**	%	75%	68%	58%	66%	
Water consumption	m ³	3,533	3,439	5,471	5,319	
Social data						
Full time workforce	FTE	82	86	78	83	
Gender diversity (percentage female)	%	37%	38%	39%	37%	
Gender diversity in management (percentage female)***	%	18%	13%	17%	18%	
National diversity (number of nationalities)	Absolute number	24	24	24	23	
Employee turnover ratio	%	21%	25%	18%	30%	
Sickness absence	Days per FTE annually	3.3	4.5	3.76	3.7	
Total incidents (stop-work orders)	Absolute number	0	0	2	3	
Lost time incident rate (LTIR)	%	0%	0%	0%	0%	
Governance						
Gender diversity, Board of Directors	%	14%	14%	13%	22%	
Nationality diversity, Board of Directors	%	29%	29%	25%	22%	
CEO pay ratio	Ratio	7.71	7.30	7.79	3.65	

Fonte: Aquaporin (2024)

O caso da Aquaporin ilustra a convergência entre biomimética e os critérios ESG, integrando-os em um modelo de negócio que reflete uma evolução gradual do *ethos* biomimético. Essa convergência materializa-se em três dimensões críticas:

- Ambiental: ao enfrentar desafios como a crise hídrica por meio de soluções inspiradas em sistemas naturais.
- Social: ao fortalecer o engajamento de *stakeholders* por meio de parcerias que replicam a interdependência dos ecossistemas.
- Governança: ao incorporar princípios biomiméticos em sua estrutura operacional, alinhando gestão estratégica à sustentabilidade.

Nesse contexto, a competitividade da empresa não se dissocia do desempenho ESG, mas emerge como resultado direto da aplicação prática da biomimética, que vai além dos benefícios da inovação tecnológica para se tornar um pilar de valorização corporativa. A competitividade da empresa torna-se indissociável do compromisso com a sustentabilidade,

consolidando um modelo de negócio no qual o ESG não é apenas um imperativo regulatório, mas uma oportunidade para ampliar o debate sobre a biomimética como fundamento estratégico na construção de modelos de negócios.

Dessa forma, a convergência entre biomimética e ESG, exemplificada pela Aquaporin, revela um avanço significativo em relação aos modelos tradicionais de sustentabilidade corporativa. No entanto, essa integração ainda opera dentro de uma lógica que, embora mais sofisticada, permanece ancorada em métricas setorizadas, ambiental, social e econômica, refletindo a estrutura do *Triple Bottom Line* (TBL).

O TBL, cunhado por Elkington (1997), consolidou-se como referência ao propor que as organizações equilibrem três dimensões: lucro, pessoas e planeta. Contudo, a própria crítica de Elkington (2020) ao esvaziamento do conceito, não a uma mudança sistêmica, expõe suas limitações para lidar com a complexidade dos desafios socioecológicos atuais.

A biomimética, em sua essência, convida a ir além dessa tripartição. Se o TBL fragmenta a sustentabilidade em pilares independentes, a visão biomimética propõe dissolver essas fronteiras, reconhecendo que lucratividade, equidade social e regeneração ambiental não são componentes isolados, mas fluxos interdependentes de um mesmo sistema vivo. Essa perspectiva ecoa a crítica de Raworth (2017) ao TBL, que, ao tratar as dimensões como variáveis separadas, perpetua uma mentalidade extrativista, mesmo que mitigada. A autora defende que a economia deve operar dentro dos limites planetários e das necessidades humanas básicas, algo que a biomimética materializa ao tomar os ecossistemas como modelos.

Nesse sentido, a hierarquia de valores proposta por Marcus *et al.* (2010) — natureza > sociedade > economia — não apenas redefine prioridades, mas ressignifica a lógica organizacional. Enquanto o TBL busca equilibrar *trade-offs*, a biomimética propõe caminhos baseados em ciclos fechados, cooperação e adaptação contínua, entre outros. Isso exige ir além da noção de "impacto positivo", adotando uma postura de coevolução com os sistemas naturais, na qual o sucesso empresarial é medido pela capacidade de fortalecer e não apenas preservar, de forma que as empresas se tornam agentes de regeneração, o que fortalece os ecossistemas em que estão inseridas.

Assim, a jornada "para além do *Triple Bottom Line*" não se traduz em um mero acréscimo de métricas, mas em uma revolução de sentido, na qual a sustentabilidade, por meio da biomimética, deixa de ser um objetivo a ser alcançado para tornar-se o princípio organizador da vida corporativa. Nesse contexto, a empresa passa a estruturar-se como um organismo,

traduzindo as funções e os princípios dos sistemas biológicos em estratégias empresariais sustentáveis, de modo que:

- a) Não se trata de um objetivo dissociado da estratégia corporativa, mas da própria essência do modelo de funcionamento do negócio.
- b) Não se reduz a uma questão de *trade-offs* financeiros, mas configura-se como uma vantagem competitiva fundamentada na transição da eficiência para a regeneração, da linearidade das cadeias produtivas para a lógica dos ecossistemas circulares e da centralização da liderança para redes colaborativas; e
- c) Não se limita à conformidade com regulamentações e incentivos, mas emerge como um imperativo evolutivo para organizações que buscam prosperar no longo prazo, promovendo a transição de uma visão de curto prazo para uma lógica evolutiva e adaptativa.

2.3.4 Para Além do *Triple Bottom Line*

Como visto anteriormente, a noção de TBL ganhou notoriedade a partir dos trabalhos de Elkington (2020), que, ao final dos anos 1990, propôs uma estrutura baseada em três dimensões, economia, meio ambiente e sociedade, como forma de reorientar o foco organizacional para além do lucro.

Em seu livro clássico, o autor enfatizava que empresas deveriam pensar o sucesso não somente em termos de resultados financeiros, mas também a partir dos benefícios gerados para as pessoas (*People*) e para o planeta (*Planet*). Ainda que essa proposta tenha se destacado como uma inovação conceitual e prática na época, seus desdobramentos ao longo de cerca de duas décadas levantaram questionamentos acerca dos rumos tomados pela ideia e das múltiplas interpretações que se lhe atribuíram.

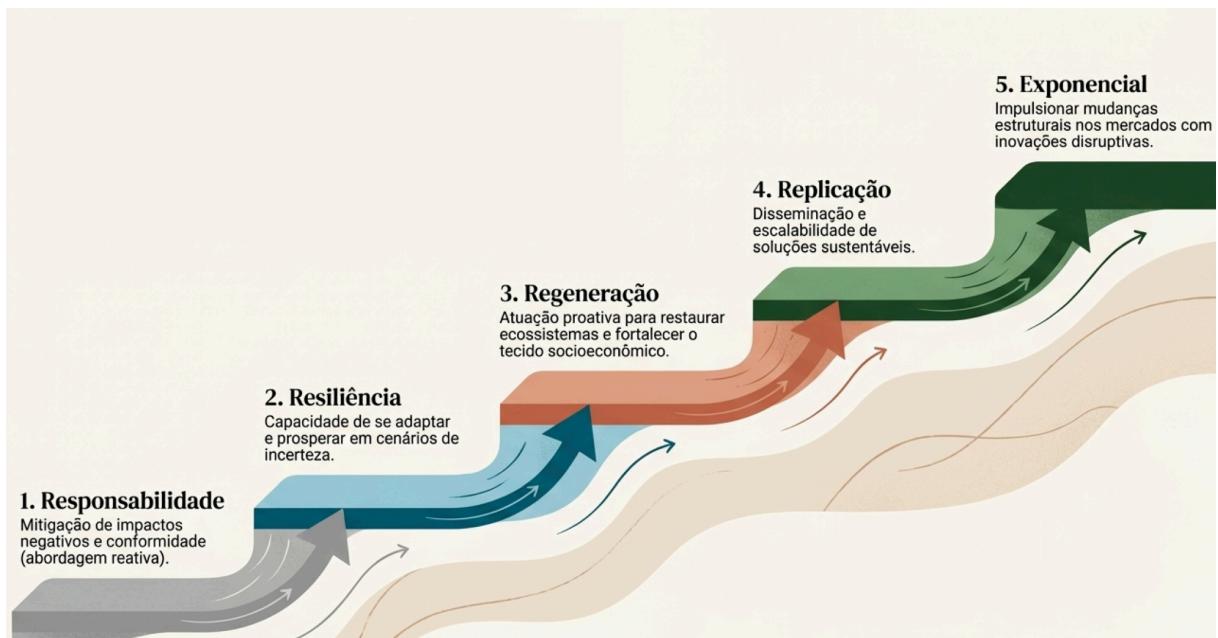
O próprio Elkington (2020) revisita o TBL e sugere uma espécie de “*recall*” conceitual, argumentando que o uso corrente se tornou demasiadamente superficial. Muitas corporações passaram a aderir à sigla como ferramenta de relatórios ou mero selo de responsabilidade socioambiental, sem modificar substancialmente seus modelos de gestão ou a lógica de criação de valor.

Criticamente, no entanto, o *Triple Bottom Line* nunca foi projetado para ser simplesmente uma ferramenta contábil. Seu objetivo era provocar um pensamento mais profundo sobre o capitalismo e seu futuro, mesmo que muitos dos primeiros adotantes tenham entendido o conceito como um ato de equilíbrio, adotando uma mentalidade de compensação. Com o elemento financeiro sendo visto como dominante, compensações sociais ou (ainda mais provavelmente) ambientais eram apenas esperadas (Elkington, 2020, p. 29).

Essa apropriação reducionista, em que o TBL é visto como um conjunto de métricas, contrasta com o sentido original de transformação sistêmica proposto pelo autor, que compreendia a interdependência entre empresa, sociedade e sistemas naturais. O desvio ocorrido se explica, em parte, pelo predomínio de uma cultura empresarial voltada a resultados de curto prazo e pela tendência de subordinar metas socioambientais ao imperativo econômico.

Diante disso, Elkington (2020) aponta que é preciso repensar o TBL, conferindo-lhe dimensão integradora, e, sobretudo, articular sua aplicação a novos princípios, capazes de incluir a regeneração ecológica como fator essencial de qualquer desempenho corporativo que se pretenda ser verdadeiramente sustentável.

Figura 38: Ressignificação do conceito TBL



Fonte : Adaptado de Elkington (2020)

O autor propõe uma ressignificação do conceito, estruturando-o em cinco níveis progressivos, conforme Figura 38, que orientam a transformação organizacional rumo a um impacto genuinamente sistêmico:

1. Responsabilidade: reflete a abordagem predominante, na qual as empresas restringem-se à mitigação de impactos negativos e à conformidade com padrões mínimos de sustentabilidade. No entanto, essa perspectiva reativa mostra-se insuficiente para responder às complexidades dos desafios contemporâneos, tornando-se necessário avançar para o próximo nível;
2. Resiliência: envolve a construção de organizações capazes de se adaptar e prosperar em cenários de incerteza e mudança estrutural. Para que a sustentabilidade organizacional vá além da lógica da compensação de danos, Elkington (2020) enfatiza a necessidade de alcançar o nível seguinte;
3. Regeneração: a atuação empresarial passa a incorporar uma abordagem proativa voltada à restauração de ecossistemas e ao fortalecimento do tecido socioeconômico. Uma vez consolidada essa perspectiva, encaminha-se ao próximo estágio;
4. Replicação: emerge como fator determinante para a ampliação do impacto, permitindo a disseminação e a escalabilidade de soluções sustentáveis no ambiente corporativo; e
5. Exponencial: o quinto e último nível, representa a consolidação de um paradigma em que transformações regenerativas não apenas reconfiguram modelos de negócios, mas impulsionam mudanças estruturais nos mercados e na economia global, fundamentadas na adoção de inovações disruptivas e na redefinição das métricas de valor. Para o autor, essa progressão não apenas resgata a proposta original do TBL, mas também reposiciona a sustentabilidade como um vetor estratégico essencial à longevidade das organizações e à viabilidade de uma economia regenerativa.

Essa estrutura progressiva reflete um movimento análogo ao percurso das inovações biomiméticas no contexto organizacional. Inicialmente percebida como uma abordagem periférica, restrita ao desenvolvimento de produtos, a biomimética se assemelha a metáfora do “Patinho Feio” de Elkington (2020), subestimada por não se encaixar nos paradigmas empresariais convencionais.

No entanto, à medida que as organizações evoluem de uma perspectiva reativa para uma abordagem regenerativa, a analogia do “Patinho Feio” que se transforma em “Cisne”

ilustra a transição de modelos empresariais convencionais para abordagens inovadoras, como a biomimética.

É nesse contexto que emerge o movimento *Beyond the Triple Bottom Line* (BTBL) de Szekely e Dossa (2017), o BTBL preconiza um redesenho do negócio capaz de gerar valor regenerativo e fomentar o florescimento de comunidades humanas e não humanas. Dentre os fundamentos defendidos por esses autores, destacam-se a adoção de perspectivas ecocêntricas, a incorporação de mecanismos de governança multisectorial e a adoção de princípios de cocriação que envolvam múltiplos stakeholders em processos cooperativos.

A justificativa para essa guinada conceitual passa pela constatação de que o TBL, ao ser interpretado somente como uma ferramenta de mensuração, carece de força normativa para incidir na lógica central das organizações. Já o BTBL, ao contrário, exige uma revisão de valores que realoca a economia como meio, não como fim em si mesma, e que compreende o papel da organização como coadjuvante num ecossistema maior.

A Figura 39 ilustra a mudança de paradigma entre o TBL, centrado na mitigação de impactos e na lógica de compensação, e o BTBL, que propõe um redesenho organizacional orientado ao impacto regenerativo, à cocriação e a sustentação e vitalidade socioecológicas.

Figura 39: Comparação conceitual entre TBL e BTBL

TBL (Aplicação Reducionista)	BTBL (Visão Integrada)
Foco: Mitigar danos e conformidade.	
Lógica: Equilíbrio e compensação.	
Visão: Antropocêntrica (focada no ser humano).	
Economia: Vista como um fim em si mesma.	
	Foco: Gerar impacto positivo e regeneração.
	Lógica: Cocriação e sinergia.
	Visão: Ecocêntrica (focada no ecossistema).
	Economia: Vista como um meio para o florescimento de sistemas vivos.

Fonte: Adaptado de Elkington (2020) e Szekely e Dossa (2017)

Essa visão mais ampla tem especial aderência aos princípios do modelo biomimético, uma vez que a biomimética assume como ponto de partida a inspiração em processos naturais para redesenhar estruturas sociais, tecnológicas e organizacionais. Tanto o BTBL quanto a

biomimética incorporam críticas ao modelo dominante de crescimento ilimitado e requerem uma postura que supere a mera “eficiência verde” ou o “reduzir impactos negativos”.

A convergência conceitual se evidencia quando o BTBL coloca ênfase em gerar impactos positivos, espelhando a lógica dos sistemas vivos, em que materiais e energia fluem ciclicamente, e onde o resíduo de um organismo integra o processo de outro, sem a externalização de custos sistêmicos. Isso reforça a tese de que a biomimética pode funcionar como fundamento inspirador para o BTBL, oferecendo um repertório científico e cultural de soluções baseadas na natureza.

Por outro lado, os autores destacam possíveis incompatibilidades, na medida em que muitas empresas vinculadas ao TBL preferem manter uma postura de conservação ou mitigação de danos, sem necessariamente avançar para uma perspectiva realmente regenerativa.

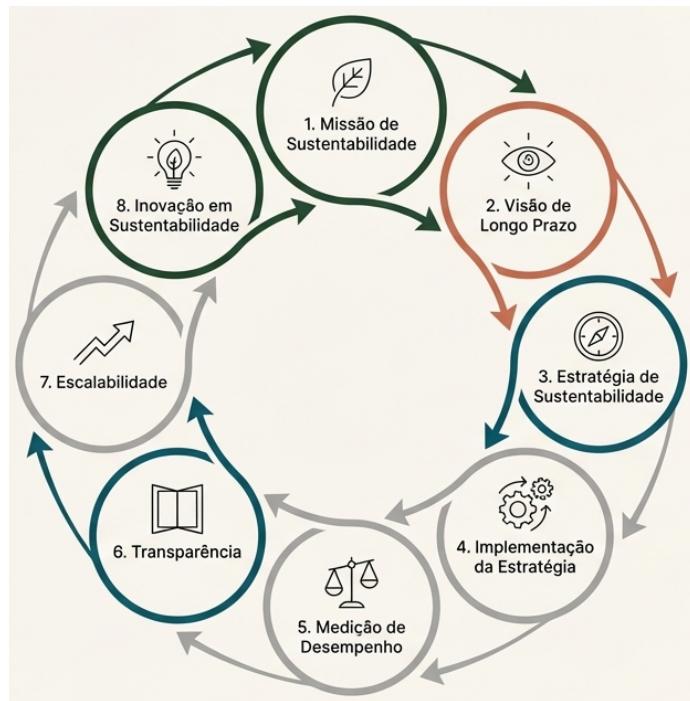
Em termos de complementaridade, é possível afirmar que a pré-fase estabelecida pela Etools, bem como as cinco dimensões de Dicks (2023), além da perspectiva do Modelo Integrado de Marcus *et al.* (2010) aprofunda essa visão e a reposiciona em um grau de não somente da inseparabilidade entre as partes (natureza, sociedade e economia), mas também de orientação e a sistematização dos modelos empresariais sustentável.

Em outras palavras, essas abordagens propõem uma etapa anterior ao desenvolvimento de modelos biomiméticos, relacionada aos diagnósticos, à preparação conceitual e à estruturação de princípios fundamentais. Consequentemente, a estrutura proposta por Szekely e Dossa (2017) sistematiza essa perspectiva sob a ótica da sustentabilidade, refinando-a e ampliando-a ao incorporar novas abordagens práticas, considerando os efeitos interativos e as estruturas de governança que emergem dessa interconexão. Como resultado, estabelece-se um modelo biomimético de negócios que, por premissa, é sustentável e inovador.

O modelo de negócios para sustentabilidade proposto por Szekely e Dossa (2017) substitui a lógica linear tradicional, que consideram a sustentabilidade um elemento adicional aos processos empresariais, por um processo cílico de oito etapas, evidenciando a necessidade de uma abordagem dinâmica e evolutiva para a sustentabilidade organizacional. Diferentemente do modelo convencional, que estrutura a criação de valor empresarial em um conjunto estático de blocos interdependentes, essa abordagem reconhece que a sustentabilidade é um alvo em constante transformação, exigindo uma reavaliação periódica

das práticas empresariais. Nesse sentido, a sistemática proposta se baseia em um ciclo contínuo, no qual cada fase influencia as demais, garantindo uma integração mais orgânica entre a missão sustentável da empresa, suas estratégias operacionais e seus impactos na sociedade e no meio ambiente.

Figura 40 - Modelo *Beyond the Triple Bottom Line* (BTBL)



Fonte: Adaptado de Szekely e Dossa (2017)

A seguir, detalha-se cada uma dessas etapas e sua importância na estruturação do modelo:

1. Missão de Sustentabilidade: a primeira etapa do modelo exige que a organização (re)defina sua missão corporativa, incorporando a sustentabilidade como um princípio essencial. Essa fase envolve a reflexão sobre o papel da empresa na sociedade e no meio ambiente, alinhando suas operações a uma lógica de valor compartilhado. Segundo Szekely e Dossa (2017), essa redefinição não pode ser apenas um discurso corporativo, mas sim uma transformação genuína dos valores e objetivos organizacionais;

2. Visão de Longo Prazo: Após definir sua missão, a organização deve desenvolver uma visão estratégica que priorize o longo prazo sobre ganhos imediatos. Isso implica criar uma estrutura organizacional que favoreça resiliência, inovação

contínua e adaptação a cenários futuros. Esse aspecto do modelo desafia a lógica tradicional do mercado, na qual empresas buscam retornos financeiros de curto prazo sem considerar impactos sistêmicos;

3. Estratégia de Sustentabilidade: Nesta fase, a organização traduz sua missão e visão de longo prazo em ações concretas. Isso envolve o desenvolvimento de uma estratégia que aloque recursos, tecnologias e práticas organizacionais para atingir objetivos sustentáveis. Essa estratégia deve ser integrada aos processos de tomada de decisão e refletir um compromisso real com a sustentabilidade, garantindo a efetividade da implementação do modelo;

4. Implementação da Estratégia de Sustentabilidade: a sustentabilidade só pode ser efetiva se for implementada de maneira estruturada e integrada às operações da empresa. Para isso, as organizações precisam adotar processos internos eficientes, estabelecer parcerias estratégicas e engajar suas equipes na execução das estratégias sustentáveis. Essa fase reforça a importância da liderança organizacional na viabilização das mudanças estruturais e culturais necessárias;

5. Medição de Desempenho: a medição contínua dos impactos sustentáveis é essencial para garantir que os objetivos definidos estejam sendo alcançados. Diferente das métricas financeiras tradicionais, os autores propõem indicadores de sustentabilidade robustos, que avaliem o impacto social, ambiental e econômico das ações empresariais. Esse monitoramento deve ser transparente e acessível, permitindo ajustes estratégicos conforme necessário;

6. Transparência: a credibilidade da sustentabilidade empresarial depende de um compromisso real com a transparência. As organizações devem divulgar seus impactos e práticas de forma clara, garantindo a confiança de consumidores, investidores e demais stakeholders. Essa fase reforça a necessidade de ética e governança corporativa responsável, assegurando que a sustentabilidade não seja apenas um conceito retórico, mas uma prática genuína;

7. Escalabilidade: para que a sustentabilidade tenha um impacto significativo, ela precisa ser escalável. Isso significa que as empresas devem buscar expandir suas práticas sustentáveis, tanto internamente quanto através de suas cadeias de valor; e

8. Inovação em Sustentabilidade: por fim, o modelo enfatiza a necessidade de inovação contínua. Empresas sustentáveis não devem apenas reduzir impactos

negativos, mas também desenvolver novas soluções regenerativas que promovam transformações sociais e ambientais. Essa fase do ciclo conecta-se diretamente à adaptação evolutiva dos negócios, permitindo que as organizações se reinventem frente a desafios emergentes.

Ademais, os autores ressaltam que a transição para um modelo sustentável depende diretamente da atuação da liderança organizacional. Argumentam que essa transformação não pode ser imposta externamente, mas deve ser conduzida por líderes comprometidos em desafiar o *status quo* e reformular os modelos mentais tradicionais que orientam as práticas empresariais. A liderança sustentável, portanto, não se limita à adoção de novas diretrizes operacionais, mas envolve uma mudança na forma como as organizações compreendem e se relacionam com a sustentabilidade.

Nesse contexto, Szekely e Dossa (2017) destacam que os líderes sustentáveis devem desenvolver quatro competências essenciais para viabilizar essa transição. A primeira é o pensamento sistêmico, que permite compreender a interconectividade dos impactos organizacionais, evitando abordagens fragmentadas e assegurando uma visão integrada da sustentabilidade. A segunda competência refere-se à gestão estratégica de sustentabilidade, que visa incorporar práticas sustentáveis ao planejamento corporativo, assegurando que a sustentabilidade seja um eixo estruturante da organização, e não apenas uma iniciativa periférica.

A partir dessa fundamentação, observa-se que a evolução dos modelos de sustentabilidade empresarial reflete um processo contínuo de ampliação conceitual e metodológica, no qual diferentes abordagens contribuem para a economia, sociedade e natureza. Desde as perspectivas ancestrais, que compreendiam a interdependência entre os sistemas vivos, até a formulação do TBL e sua reinterpretação BTBL, percebe-se uma transição de um pensamento fragmentado para uma abordagem integrada e dinâmica. A estrutura progressiva de Elkington (2020) e o ciclo dinâmico de oito etapas proposto por Szekely e Dossa (2017) não apenas ampliam o escopo do TBL, mas também consolidam as bases teóricas para a incorporação de novos referenciais, orientados pela biomimética. Assim, diante desse cenário, estabelece-se a base para explorar, no próximo capítulo, como esses fundamentos se traduzem na formulação de modelos biomiméticos alinhados à complexidade dos desafios contemporâneos.

3 MODELOS DE NEGÓCIOS BIOMIMÉTICOS

Ironicamente, as formas indígenas de saber e ser que os colonos europeus viam como primitivas e incivilizadas estão agora sendo ativamente buscadas para salvar nosso meio ambiente e a humanidade da beira da extinção (Johnson; Wilkinson, 2020, p. 38, tradução nossa).

Este capítulo marca a transição do debate teórico para a operacionalização da biomimética na estruturação de modelos de negócio, propondo uma abordagem que se desdobra em múltiplas etapas interligadas, fundamentadas no paradigma *Beyond the Triple Bottom Line* (BTBL). Após a análise das implicações filosóficas, históricas e ecológicas da biomimética, apresentada no capítulo anterior, a atenção agora se volta para a formação prática do modelo de negócio biomimético.

Nesse contexto, torna-se essencial compreender o papel dos modelos de negócio, que configuram a espinha dorsal de qualquer organização e representam a arquitetura fundamental de como uma empresa cria, entrega e captura valor. Em essência, um modelo de negócio é a narrativa de como uma organização estrutura sua estratégia e operações de maneira coesa e lógica (Osterwalder; Pigneur, 2010).

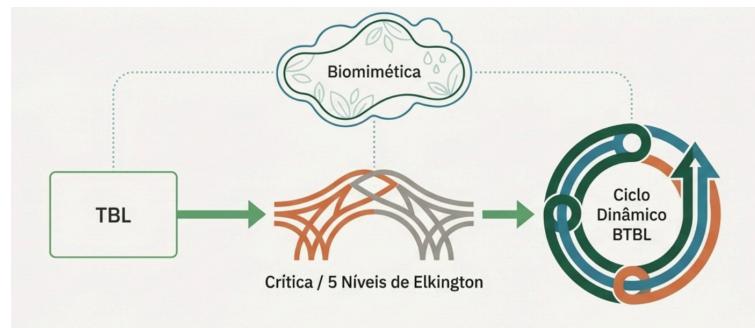
No entanto, à medida que emergem desafios ambientais e sociais, torna-se evidente a necessidade de novas abordagens para repensar essa estrutura, incorporando princípios sustentáveis e ressignificando o conceito de valor.

Dentre essas abordagens, destaca-se o modelo de negócio sustentável BTBL, conforme conceituado por Szekely e Dossa (2017), que tem como propósito a maximização do bem-estar social e ambiental, assegurando, simultaneamente, a viabilidade econômica e a perenidade organizacional. A adoção desse modelo pressupõe uma transformação na forma como as empresas operam e interagem com seus stakeholders, superando a lógica tradicional de geração de valor centrada exclusivamente na lucratividade. Para isso, a biomimética oferece um referencial inovador, permitindo que princípios inspirados na natureza sejam incorporados à formulação de estratégias empresariais mais resilientes e adaptáveis.

A Figura 41 representa a operacionalização da biomimética na estruturação de modelos de negócio, evidenciando a passagem de uma abordagem tradicional baseada no TBL para um modelo dinâmico e integrado fundamentado no BTBL. Esse percurso incorpora uma

revisão crítica dos níveis de aplicação do TBL, reposiciona o conceito de valor à luz dos desafios socioambientais contemporâneos e estabelece a biomimética como princípio orientador para o redesenho de modelos de negócio alinhados a sistemas vivos e à sustentabilidade ampliada.

Figura 41: Ciclo dinâmico de criação de valor regenerativo (TBL x BTBL x Biomimética)



Fonte: Elaborado pela autora

A metodologia adotada para a construção de modelos biomiméticos envolve a extração de ensinamentos da natureza e sua tradução para componentes organizacionais, promovendo a integração de conceitos oriundos de diversas áreas do conhecimento. Assim, o modelo se estrutura em etapas fundamentais, que garantem a aplicabilidade da biomimética nas organizações.

3.1 MISSÃO SUSTENTÁVEL

A definição de uma missão sustentável constitui um processo estratégico fundamental para organizações que buscam incorporar um propósito que contribua de maneira significativa para a sociedade e o meio ambiente. Dessa forma, a definição de uma missão sustentável biomimética pode ser organizada em duas dimensões fundamentais:

- a identificação da necessidade de sustentabilidade, compreendendo os desafios ambientais, sociais e econômicos a serem abordados;
- b) a ancoragem biomimética, a fim de garantir que a missão aborde os desafios análogos da natureza.

Figura 42: Estrutura conceitual da missão sustentável biomimética



Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 42 sintetiza o processo estratégico de construção de uma missão sustentável biomimética ao evidenciar duas dimensões interdependentes. A primeira refere-se ao diagnóstico, no qual a organização identifica e comprehende os desafios ambientais, sociais e econômicos que demandam intervenção, reconhecendo sua responsabilidade no contexto sistêmico em que está inserida. A segunda dimensão corresponde à ancoragem biomimética, que orienta a formulação da missão a partir da observação de como a natureza enfrenta desafios análogos, incorporando os seus princípios, tais como adaptação, eficiência e resiliência. Em conjunto, essas etapas estruturam uma missão, consolidando-se como um direcionador estratégico alinhado à sustentabilidade e à lógica dos sistemas vivos.

3.1.1 A identificação da necessidade de sustentabilidade

O primeiro passo na formulação de uma missão sustentável consiste na definição precisa do problema que a organização se propõe a resolver. Essa etapa exige um diagnóstico abrangente dos desafios socioambientais e econômicos contemporâneos e a identificação de oportunidades para inovar por meio da biomimética. A questão central a ser respondida é: qual problema de sustentabilidade a organização pretende solucionar?

A investigação e o mapeamento das questões ambientais e sociais devem ser conduzidos de forma integrada, considerando tanto a escala local quanto a global. Essa abordagem é

essencial para estabelecer conexões entre desafios específicos de um território e as grandes tendências globais, garantindo que as estratégias desenvolvidas estejam alinhadas com diretrizes de sustentabilidade. Isso se justifica, conforme Manzini (2015, p. 98):

A construção de uma nova ecologia territorial exige que cada território seja considerado como um ecossistema formado por lugares interconectados, cuja qualidade depende das relações estabelecidas entre as comunidades que os habitam.

Dessa forma, a análise dos desafios ambientais e sociais deve se apoiar em um processo investigativo pautado sobre a realidade dessas dimensões, no que tange a diferentes critérios, tendências, entre outros, garantindo que a missão sustentável esteja fundamentada nas reais necessidades da sociedade.

Com base nas teorias do design sustentável e inovação, o Quadro 2 foi elaborado para enumerar os critérios de investigação essenciais à definição das necessidades de sustentabilidade, considerando diferentes perspectivas para a sua estruturação. Ao integrar abordagens interdisciplinares, essa estrutura permite contribuir para que a missão sustentável esteja fundamentada nas reais necessidades da sociedade.

Quadro 2: Os critérios de investigação essenciais à definição das necessidades de sustentabilidade

Critérios de investigação	Definição
O ambiente local e global: Analisa a interdependência entre desafios regionais e tendências globais, explorando como políticas, recursos e dinâmicas socioeconômicas.	Identificação dos desafios ambientais e sociais: demanda a compreensão dos problemas que afetam a região (ex.: escassez de recursos naturais, desigualdade social), bem como de tendências e metas globais, tais como os ODS. Levantamento de dados e evidências: requer análise de relatórios, pesquisas de campo e estatísticas para embasar a tomada de decisão e definir prioridades. Mapeamento das inter-relações entre contextos locais e globais: envolve a análise das dinâmicas que conectam desafios regionais a tendências globais, considerando impactos ambientais, sociais e econômicos. Esse mapeamento inclui a identificação de fluxos de recursos, cadeias produtivas e padrões de consumo, avaliando como esses elementos influenciam e são influenciados por políticas internacionais de sustentabilidade e inovação. Identificação de atores-chave e estruturas institucionais: exige a análise de stakeholders

	envolvidos na gestão e mitigação de impactos ambientais e sociais, incluindo empresas, governos, ONGs e comunidades locais.
Envolvimento de Stakeholders: Visa a compreensão das relações de poder, das estruturas colaborativas e da governança.	<p>Estruturação de ecossistemas colaborativos para tomada de decisão: investiga como os diferentes stakeholders interagem, negociam e compartilham responsabilidades na construção de estratégias sustentáveis. Esse processo considera tanto estruturas formais (governos, grandes corporações) quanto redes informais (comunidades locais, coletivos e grupos independentes), avaliando o nível de convergência ou divergência entre seus interesses.</p> <p>Mapeamento da influência e poder dos stakeholders na governança do projeto: examina como diferentes grupos exercem influência nas decisões estratégicas, considerando fatores como recursos financeiros, conhecimento técnico e legitimidade social. Essa análise é essencial para compreender dinâmicas de poder e mitigar possíveis desequilíbrios no processo de cocriação.</p> <p>Monitoramento do impacto da participação dos stakeholders ao longo do ciclo do projeto: avalia como o envolvimento dos diferentes atores evolui ao longo do tempo e quais fatores contribuem para o fortalecimento ou enfraquecimento de sua participação.</p> <p>Análise da resiliência e adaptabilidade das redes de stakeholders: investiga como os diferentes atores lidam com desafios e mudanças ao longo do processo, identificando mecanismos que favorecem a manutenção do engajamento e a superação de obstáculos sistêmicos.</p>
Identidade Cultural e Comportamentos sociais: Examina como valores, práticas culturais e padrões de consumo.	<p>Valorização de saberes locais: envolve o reconhecimento e a inclusão de práticas culturais e conhecimentos tradicionais como ponto de partida para a inovação social.</p> <p>Exploração de padrões de consumo e comportamento social: investiga como práticas culturais, valores e hábitos de consumo influenciam a adoção de soluções mais sustentáveis, identificando possíveis pontos de resistência e oportunidades para transformação</p> <p>Investigação das dinâmicas culturais: demanda a análise de como as expressões culturais e os comportamentos coletivos interagem com desafios socioambientais, considerando aspectos como diversidade cultural, criatividade e capacidade de adaptação das comunidades.</p> <p>Mapeamento das redes de colaboração e inovação social: investiga como grupos comunitários, organizações e movimentos sociais articulam-se para preservar práticas culturais e promover novos modos de vida mais sustentáveis. Essa etapa busca compreender como redes locais e globais</p>

	<p>interagem para fortalecer a identidade cultural e impulsionar transformações sociais.</p> <p>Análise da influência da globalização sobre identidades locais: examina o impacto das trocas culturais e da economia global na manutenção e reinvenção de tradições, avaliando tensões entre homogeneização cultural e a preservação de singularidades regionais.</p> <p>Identificação de padrões emergentes de consumo e bem-estar: explora como novos paradigmas de qualidade de vida influenciam o comportamento dos indivíduos e coletivos, incluindo iniciativas baseadas na economia circular, por exemplo.</p>
<p>Impactos ambientais e sociais das atividades produtivas:</p> <p>Avalia as consequências da produção e consumo.</p>	<p>Mapeamento da origem e evolução do problema: análise das causas históricas e estruturais.</p> <p>Avaliação das fases críticas: identificação de etapas que demandam ações mais urgentes ou que oferecem maiores oportunidades de intervenção sistêmica.</p> <p>Análise das interconexões entre impactos ambientais e sociais: requer um exame detalhado das relações entre esgotamento de recursos naturais, emissões de poluentes e suas implicações na saúde humana, condições de trabalho e desigualdades sociais. Essa abordagem sistêmica permite identificar externalidades ocultas e definir prioridades para mitigação e transformação das práticas produtivas.</p> <p>Monitoramento de externalidades ao longo da cadeia produtiva: implica o rastreamento de impactos não apenas no nível da produção primária, mas também em etapas intermediárias, como logística, distribuição e descarte. Essa análise é essencial para entender os desafios ambientais e sociais sistêmicos e prevenir transferências de impactos negativos de um elo da cadeia para outro.</p> <p>Identificação de padrões de consumo e seu efeito sobre os impactos ambientais: examina como os hábitos de consumo influenciam a demanda por recursos e energia, gerando pressões ambientais e sociais. Essa etapa busca entender o papel da sociedade na manutenção de cadeias produtivas insustentáveis e explorar caminhos para uma mudança cultural em direção ao consumo responsável.</p> <p>Avaliação das desigualdades socioambientais geradas pelo sistema produtivo: analisa como certas populações são desproporcionalmente afetadas por impactos negativos, como poluição industrial, degradação ambiental e exploração da mão de obra. Essa abordagem é fundamental para</p>

	<p>delinear políticas e estratégias que promovam justiça ambiental e inclusão social.</p> <p>Mapeamento das estratégias de mitigação e adaptação já existentes: envolve o estudo de iniciativas inovadoras implementadas por empresas e comunidades que conseguiram minimizar impactos e fortalecer sua resiliência socioambiental. Esse mapeamento possibilita a identificação de boas práticas e sua replicabilidade em contextos distintos.</p>
<p>Valores e Práticas do mercado e empresas existentes: atores que moldam o compromisso corporativo com a sustentabilidade.</p>	<p>Identificação dos princípios organizacionais: análise dos valores e da cultura corporativa para verificar o alinhamento com princípios de responsabilidade socioambiental.</p> <p>Avaliação das práticas de mercado: inclui o estudo de cadeia produtiva, modelo de negócios, fornecedores, transparência e ética empresarial.</p> <p>Investigação dos níveis de compromisso e governança corporativa: envolve a análise da cultura organizacional e das estruturas de governança que moldam as decisões estratégicas das empresas, considerando como os valores corporativos influenciam a adoção de práticas sustentáveis e socialmente responsáveis. Esse processo inclui a avaliação do papel da liderança e dos incentivos internos e externos que impulsionam ou dificultam a inovação sustentável.</p> <p>Mapeamento de redes colaborativas e novas formas de parceria entre empresas e sociedade: estuda como a cooperação entre empresas, governos e organizações da sociedade civil pode gerar modelos empresariais mais alinhados aos princípios da economia circular e da justiça social, por exemplo.</p>
<p>Análise de tendências socioculturais e seus impactos no mercado:</p>	<p>Exploração de novas aplicações tecnológicas em nichos sustentáveis: Investiga como avanços em materiais, processos produtivos e modelos de negócio podem gerar novas oportunidades de inovação sustentável. Esse estudo inclui a interseção entre design e tecnologia para transformar produtos e experiências.</p> <p>Mapeamento das demandas latentes e necessidades não atendidas: Identifica lacunas no mercado que podem ser exploradas por soluções inovadoras alinhadas à sustentabilidade. Esse processo exige a análise de padrões de consumo, insatisfações e oportunidades para modelos regenerativos e de economia circular.</p> <p>Identificação de barreiras e incentivos para a adoção de inovações sustentáveis: Analisa fatores regulatórios, econômicos e culturais que podem facilitar ou dificultar a inserção de novos produtos e serviços no mercado.</p>

	<p>Essa etapa inclui a avaliação do papel de políticas públicas e do engajamento de stakeholders na promoção da inovação sustentável.</p> <p>Avaliação de modelos de negócios orientados para sustentabilidade: Examina como empresas estão criando valor por meio da inovação sustentável, considerando estratégias como economia de compartilhamento, produção distribuída e consumo colaborativo. Essa investigação permite compreender como empresas podem se posicionar competitivamente em um cenário de transformação ecológica e social.</p>
<p>Políticas Públicas, Normas e Regulação: atores que moldam a relação entre mercado, sociedade e sustentabilidade.</p>	<p>Identificação de barreiras e incentivos regulatórios para práticas de mercado sustentáveis: analisa como legislações ambientais, normas de compliance e incentivos fiscais influenciam a adoção de práticas empresariais sustentáveis, e como empresas reagem a esses fatores na construção de sua identidade corporativa.</p> <p>Avaliação da interação entre políticas globais e legislações locais: examina a relação entre diretrizes internacionais, como os ODS e o Acordo de Parise a regulamentação nacional e municipal, por exemplo. Essa etapa visa compreender como a harmonização ou o desalinhamento dessas normas afetam práticas empresariais e sociais.</p> <p>Análise da governança regulatória e seus desafios de implementação: considera como diferentes agentes – setor privado, sociedade civil e governos – influenciam a formulação e a execução de políticas ambientais e sociais, identificando lacunas e oportunidades para aprimoramento</p>

Fonte: Verzolli e Manzini (2008), Manzini (2015), Verganti (2009, 2016), Margolin (2002), WDO (2024), Aguilar et al. (2019), Cippola (2023), além de Godelnik (2021), Wahl (2016), Meadows (2008) e Raworth (2017).

Em síntese, as Figuras 43 e 44 ilustram a etapa de identificação da necessidade de sustentabilidade como o alicerce para toda a construção da missão sustentável, pois orienta o diagnóstico dos problemas socioambientais, a coleta de evidências empíricas e a análise das dinâmicas complexas que interligam atores e contextos locais e globais.

Figura 43: Mapeamento contextual da etapa diagnóstica da missão sustentável (Contexto)



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 44: Mapeamento contextual da etapa diagnóstica da missão sustentável (Atores)



Fonte: Elaborado pela autora

Ao integrar diferentes perspectivas ambientais, sociais, culturais e de mercado, essa investigação permite delinear com clareza as oportunidades e os desafios que demandam soluções inovadoras. Dessa forma, o resultado esperado é a formulação precisa do problema que a organização pretende resolver, respaldada por dados consistentes e pela compreensão aprofundada das causas e consequências sistêmicas.

Essa definição não apenas legitima a missão sustentável, mas também fornece diretrizes fundamentais para as etapas subsequentes, garantindo que as soluções propostas respondam efetivamente às reais necessidades identificadas.

3.1.2 Ancoragem Biomimética

A construção de uma missão sustentável ancorando a biomimética, após a identificação da necessidade de sustentabilidade (item 3.1.1), requer uma investigação de como a natureza aborda desafios análogos. Conforme a Figura 45, em vez de focar em problemas antrópicos, a lente se volta para as soluções naturais. Essa investigação se desdobra em critérios, agora, reinterpretados sob a perspectiva biomimética. O questionamento central se transforma em: **Como a natureza resolve ou mitiga problemas semelhantes aos identificados na análise de sustentabilidade?**

Figura 45: Da análise do problema à Biomimética (mudança de pensamento)



Fonte: Adaptado de Benyus (2002)

A partir dessa mudança de perspectiva, torna-se necessário sistematizar a investigação biomimética por meio de critérios que orientem a transposição dos aprendizados da natureza para o contexto organizacional. Nesse sentido, o Quadro 3 a seguir consolida os critérios biomiméticos que estruturam essa etapa do processo, funcionando como um instrumento analítico para identificar padrões, estratégias e princípios presentes em sistemas naturais análogos aos desafios de sustentabilidade mapeados.

Ao organizar a observação da natureza em dimensões investigativas, como a análise de modelos naturais locais e globais, a compreensão dos limites e interdependências sistêmicas e a identificação de analogias funcionais, entre outros, esses critérios permitem transformar a lógica biomimética em insumos estratégicos para a modelagem de negócios, assegurando coerência entre o diagnóstico de sustentabilidade e a formulação de soluções alinhadas aos seus pressupostos.

Quadro 3: Critérios Biomiméticos para a modelagem de negócios

Critérios de Investigação Biomimética	Definição
Modelos Naturais Locais e Globais: analisar a interdependência entre desafios regionais e tendências globais -> identificar ecossistemas e organismos (locais e globais) a condições similares aos desafios identificados.	Identificar ecossistemas e organismos (locais e globais) que demonstrem resiliência e adaptação a condições similares às dos desafios identificados. Analisar como diferentes ecossistemas lidam com mudanças ambientais, promovendo soluções que otimizam o uso de recursos locais sem desperdícios. Sistemas naturais operam dentro de limites energéticos e materiais específicos, ajustando sua complexidade para manter equilíbrio e funcionalidade. Procurar por analogias entre os desafios antrópicos e os desafios enfrentados por sistemas naturais.
Envolvimento de Organismos e Processos Naturais: Dos stakeholders humanos -> para as interações entre espécies e os processos ecológicos.	Mudar o foco dos stakeholders humanos, para os não humanos. Investigar as interações entre espécies e os processos ecológicos que sustentam a vida. Considerar a interação entre organismos e seus processos naturais como um modelo para estruturar sistemas humanos.
Funções, Princípios e Estratégias Naturais: de examinar valores e práticas culturais humanas -> identificar as funções, princípios e estratégias que utilizam para sobreviver e prosperar.	Buscar identificar as funções, princípios que os organismos desempenham em seus ecossistemas e as estratégias que utilizam para sobreviver e prosperar. Examinar como os organismos obtêm e utilizam energia, processam materiais, se reproduzem, se comunicam e se adaptam às mudanças ambientais. A partir dessa análise, identificam-se princípios como otimização de recursos, multifuncionalidade e

	resiliência, que podem ser aplicados ao design de sistemas organizacionais e produtivos
Ciclos Naturais e Fluxos de Recursos: os impactos das atividades produtivas -> em como a natureza gerencia os ciclos de materiais e energia.	<p>Investigar como os sistemas naturais regulam o fluxo de materiais e energia sem gerar desperdícios. Exemplo: Os ciclos biogeoquímicos e os mecanismos que garantem a reciclagem eficiente de nutrientes nos ecossistemas.</p> <p>Analisar os processos cíclicos: a natureza mantém processos de autorregulação que convertem resíduos em insumos, garantindo um equilíbrio sustentável entre produção e consumo. Exemplo: A economia circular biomimética baseia-se na interdependência dos organismos e na reutilização contínua de recursos, eliminando o conceito de resíduo e promovendo a regeneração dos sistemas.</p>
Princípios de Design e Engenharia da Natureza: dos valores e práticas do mercado -> princípios de design e engenharia dos sistemas naturais.	<p>Como a natureza desenvolve estruturas e processos. Essa abordagem se fundamenta na observação dos princípios que regulam a construção, regulação térmica, locomoção e comunicação nos sistemas vivos, permitindo compreender o design e a engenharia natural.</p> <p>A natureza constrói estruturas hierárquicas e auto-organizadas, por meio de processos adaptativos, desenvolve sistemas eficientes de movimento e mantém comunicação sofisticada baseada em sinais químicos e físicos. Por exemplo: Esses princípios fundamentam biomateriais, biofabricação e bioinspiração, criando soluções inovadoras que operam de forma integrada aos fluxos naturais.</p>
Adaptação e Evolução Natural: políticas, normas e regulação -> como a natureza se adapta às mudanças e evolui para sobreviver.	<p>Investigar os mecanismos pelos quais os sistemas naturais se adaptam e evoluem ao longo do tempo, moldando estratégias de sobrevivência eficazes. nos Compreender os processos de resposta às mudanças ambientais e na evolução das interações entre organismos.</p>

Fonte: Benyus (2002); Dicks (2023); Arruda (2022).

A ancoragem biomimética transforma a compreensão dos desafios identificados na etapa anterior, ao direcionar o olhar para as estratégias, funções e princípios observados nos sistemas naturais. Esse movimento amplia o horizonte de possibilidades, ao revelar como organismos e ecossistemas solucionam problemas de forma eficiente e resiliente, sem incorrer em desperdícios ou desequilíbrios.

Por meio de critérios de investigação biomimética, que incluem a análise de modelos locais e globais, o envolvimento de organismos e processos naturais e a aplicação de princípios de design e engenharia da natureza, torna-se possível transpor tais aprendizados para o contexto organizacional, contribuindo para a criação de soluções sistêmicas de menor impacto ambiental e maior valor social. O resultado esperado é a identificação de estratégias inspiradas na natureza que embasem a formulação de uma missão sustentável em sintonia com a lógica e a inteligência dos sistemas vivos.

A biomimética fundamenta-se em princípios científicos e metodológicos que buscam traduzir soluções biológicas e ecológicas em aplicações práticas e estratégicas para diversos contextos. Nesse sentido, a compreensão das funções (objetivos a serem alcançados), princípios (diretrizes extraídas da natureza) e estratégias (métodos de implementação) biomiméticas é essencial, pois esses elementos sustentam a metodologia, guiando sua aplicação de forma sistêmica.

Diante disso, é fundamental explorar como os padrões naturais se refletem nos modelos de negócio, ou seja, investigar de que modo tais funções, princípios e estratégias são adaptados e integrados às dimensões operacionais e estruturais de uma organização. Para isso, é necessário analisar como os três pilares interligados da biomimética: funções (resolução de problemas), princípios (orientações gerais) e estratégias (ações concretas), moldam sistemas organizacionais.

Por definição, funções referem-se aos objetivos ou propósitos específicos que uma característica biológica ou um sistema natural realiza. Por exemplo, a função de uma teia de aranha é capturar presas, enquanto a função das folhas de uma planta pode ser maximizar a captação de luz solar para a fotossíntese. No contexto do design biomimético, identificar a função é crucial para entender como os organismos resolvem desafios específicos, permitindo que essas soluções sejam adaptadas para inovações humanas (Asknature, 2024).

Aplicar funções biomiméticas aos modelos de negócios significa identificar os objetivos essenciais (ou problemas) que o modelo de negócio enfrenta e buscar inspirações na natureza

para resolvê-los. As organizações, assim como organismos vivos, enfrentam desafios fundamentais relacionados à sobrevivência, por exemplo, uma empresa deseja melhorar a distribuição de recursos em sua cadeia de suprimentos, sua função seria "otimizar o uso de recursos".

Segundo Finkenstadt e Eapen (2024), a identificação dos objetivos essenciais (problemas) no modelo de negócio é fundamental para definir claramente o que precisa ser resolvido ou alcançado. Do ponto de vista empresarial, os problemas representam oportunidades de negócios e, dentro de uma perspectiva biomimética, partem do princípio de que desafios enfrentados por organizações podem ser traduzidos em funções essenciais a serem resolvidas. Esses problemas, muitas vezes percebidos como limitações, tornam-se pontos de partida. No entanto, do ponto de vista da biomimética, a aplicação desses princípios deve estruturar o modelo de negócio como um sistema vivo, interconectado, resiliente e adaptável às condições do ambiente.

Assim, as funções biomiméticas, segundo os autores, podem ser vistas como oportunidades de negócios que transformam a organização, refletindo o comportamento de sistemas vivos. O Quadro 4 abaixo sintetiza quatro desafios empresariais críticos, associando cada um a:

1. Problema: Descreve o desafio enfrentado pela organização.
2. Função: Define o objetivo central a ser alcançado para resolver o problema.
3. Oportunidade Biomimética: Apresenta a analogia biológica e sua aplicação prática.
4. Reflexo no Modelo de Negócio: Explica como a solução biomimética se traduz em mudanças estruturais e operacionais.

Quadro 4: Problema x Função

Problema	Função
Ineficiência no transporte de mercadorias em grandes cidades.	Otimizar o uso de recursos.
Vulnerabilidade a interrupções em cadeias de suprimentos globais.	Aumentar a resiliência às mudanças de mercado.
Baixa retenção de clientes em mercados saturados.	Distinguir-se no mercado (proeminência).
Crescente demanda por economia de energia em edificações.	Eficiência energética.
Necessidade de mobilidade sustentável em áreas urbanas.	Maximizar eficiência e sustentabilidade.

Fonte: Adaptado de Finkenstadt e Eapen (2024)

Cada linha ilustra um problema, as funções naturais podem indicar a procura por seres biológicos para que suas funcionalidades ou dinâmicas podem ser traduzidos em práticas empresariais.

Os princípios biomiméticos são diretrizes extraídas das estratégias e processos naturais, concebidas para a criação de soluções humanas sustentáveis e alinhadas aos sistemas ecológicos. Fundamentados na observação de como a natureza resolve problemas, esses princípios orientam o design de produtos, processos e sistemas que respeitam a lógica da sustentabilidade. Entre os mais destacados estão a resiliência, a adaptação às mudanças, a eficiência no uso de recursos, a integração entre crescimento e desenvolvimento, além da promoção da diversidade (Asknature, 2024).

Esses princípios representam o "como" das soluções inspiradas na natureza, oferecendo os mecanismos e diretrizes fundamentais para o desenvolvimento de respostas inovadoras e sustentáveis. Eles sintetizam padrões e processos observados na natureza, traduzindo-os em orientações práticas capazes de resolver desafios humanos e ambientais. No contexto organizacional, conforme Finkenstadt e Eapen (2024), esses princípios podem ser agrupados em categorias que refletem as capacidades essenciais dos organismos vivos, sendo aplicáveis às organizações para otimização de recursos, resiliência a perturbações e adaptação contextual.

Por fim, outros princípios biomiméticos encontrados em Finkenstadt e Eapen (2024) podem ser observados em diversas estratégias aplicáveis às organizações:

1. Princípio da Regularização: inspirado nos ritmos circadianos e outros processos naturais de regulação, esse princípio sugere a padronização de processos organizacionais para reduzir erros e aumentar a previsibilidade;
2. Princípio do Reuso: baseado em estratégias naturais como o reaproveitamento de recursos por organismos vivos (e.g., cactos e camelos), esse princípio é aplicado em práticas industriais como a reutilização de materiais ou a implementação de soluções circulares, visando a sustentabilidade organizacional;
3. Princípio do Reforço: fundamentado em mecanismos naturais de proteção, como as escamas de peixes ou as proteínas *antifreeze* em organismos polares, esse princípio sugere o fortalecimento de áreas vulneráveis da organização, como cadeias de suprimentos e processos críticos, garantindo flexibilidade e robustez diante de crises;

4. Princípio do Reservatório: inspirado na capacidade de organismos vivos de armazenar recursos para períodos de escassez, esse princípio está relacionado à acumulação de reservas financeiras ou diversificação de produtos como estratégias organizacionais para lidar com incertezas e crises de mercado; e
5. Princípios de Heurísticas Naturais: segmentação, replicação e maximização, observadas em padrões ecológicos, são aplicadas às organizações para otimizar processos e aumentar a eficiência. Por exemplo, a segmentação pode ser usada para dividir grandes problemas organizacionais em componentes menores e gerenciáveis, facilitando a resolução de desafios complexos.

As estratégias biomiméticas referem-se às aplicações práticas de princípios e funções naturais para solucionar desafios humanos. Elas descrevem os métodos e abordagens específicos que os organismos e sistemas naturais utilizam para alcançar um propósito ou resolver um problema, e que podem ser adaptados e implementados em contextos de design, tecnologia, negócios e outros campos (Ask Nature, 2024).

As estratégias biomiméticas combinam biologia, design e inovação para solucionar problemas complexos de forma sustentável. Essa abordagem, fundamentada no aprendizado com os sistemas naturais, conecta ciência e práticas organizacionais em múltiplos níveis.

De acordo com Fayemi *et al.* (2017), as estratégias biomiméticas baseiam-se na aplicação sistemática de princípios biológicos para resolver desafios práticos em engenharia e design. Esse processo, descrito como "*problem-driven*", é estruturado em etapas que incluem a análise funcional dos sistemas naturais, sua abstração em modelos e posterior transferência para soluções inovadoras no contexto humano. A aplicação prática é facilitada por ferramentas e metodologias que orientam os usuários, promovendo uma interação eficiente entre biologia e tecnologia.

Finkenstadt e Eapen (2024) destacam que as estratégias biomiméticas são adaptações práticas dos princípios e funções observados em sistemas naturais, capazes de transformar organizações em sistemas vivos, resilientes e adaptáveis. Tais estratégias refletem as capacidades fundamentais dos seres vivos de otimizar recursos (eficiência), adaptar-se a mudanças (resiliência) e ajustar sua visibilidade (proeminência). Os autores ilustram essas estratégias por meio de analogias diretas com a natureza, aplicando-as ao contexto organizacional.

Os autores exemplificam a eficiência como a capacidade de organismos de minimizar desperdícios e otimizar o uso de recursos, quanto as suas estratégias:

1. Reserva: mencionam plantas desérticas, como os cactos, que armazenam água para períodos de seca, inspirando organizações a acumular capital ou diversificar portfólios como medida preventiva para lidar com instabilidades;
2. Reutilização: os autores citam sistemas biológicos que reaproveitam recursos internamente, como o ciclo de nutrientes nas plantas. Essa estratégia é observada em práticas empresariais de economia circular, como a reciclagem de materiais em processos industriais; e
3. Regularização: Ritmos circadianos em organismos são utilizados como exemplo de padronização para estabilizar operações. Segundo os autores, empresas que adotam metodologias Lean eliminam desperdícios e melhoram a eficiência operacional.

Finkenstadt e Eapen (2024) exploram, ainda, como a resiliência é traduzida em estratégias organizacionais para lidar com mudanças e incertezas:

1. Reforço: os autores descrevem animais árticos que produzem proteínas “*antifreeze*” para resistir ao congelamento como inspiração para organizações fortalecerem cadeias de suprimento com redundâncias que aumentam sua resistência a crises.
2. Substituição: organismos regenerativos, como as salamandras, ilustram a importância de substituir rapidamente produtos ou processos obsoletos. Essa estratégia é aplicada por empresas inovadoras que adaptam suas ofertas conforme as mudanças do mercado.
3. Segmentação: animais segmentados, como minhocas, são citados como modelos para a divisão organizacional em unidades menores e ágeis, facilitando a adaptação a novos contextos.

No campo da proeminência, Finkenstadt e Eapen (2024) destacam como organismos ajustam sua visibilidade para sobreviver ou prosperar:

1. Camuflagem: a capacidade dos polvos de se camuflarem é utilizada pelos autores para exemplificar como empresas ocultam projetos estratégicos durante a fase de desenvolvimento, evitando concorrência desnecessária.
2. Proeminência Dinâmica: a bioluminescência de lulas é citada como inspiração para estratégias de marketing que destacam produtos ou iniciativas específicas em momentos estratégicos, como lançamentos de mercado.

Em síntese, as funções, princípios e estratégias biomiméticas são a base para traduzir a inteligência da natureza em modelos de negócio. Ao definir funções (o que resolver), princípios (como orientar) e estratégias (como agir), promovem

3.1.3 Síntese e Formulação da Missão Sustentável Biomimética

A investigação dos desafios socioambientais e a subsequente exploração das soluções análogas presentes na natureza convergem para a formulação de uma missão sustentável biomimética. Esta missão, mais do que uma declaração, representa o compromisso fundamental da organização com a criação de um modelo regenerativo, a partir dos sistemas naturais.

Portanto, a missão sustentável biomimética é estruturada da seguinte forma:

- Investigação e Fundamentação Detalhada do Problema: a missão articula de forma clara e precisa os desafios socioambientais específicos que a organização se propõe a enfrentar. Esta base factual é essencial e resulta da análise rigorosa dos critérios apresentados no item 1.1.1. A missão não se limita a afirmar a intenção de "ser sustentável"; ela define o problema a ser resolvido com base em evidências e em uma compreensão de suas causas e consequências; e
- Conexão com a Investigação Biomimética: a missão demonstra a ligação entre o problema identificado e a busca por soluções na natureza. Ela faz referência explícita aos modelos naturais, processos, funções, princípios ou estratégias que servirão de inspiração para a abordagem da organização. Essa conexão não é genérica, ela aponta para analogias específicas entre o desafio antrópico e as soluções encontradas no mundo natural. Isso demonstra que a biomimética não é um adendo, mas a base conceitual da missão.

3.1.4 Formulação da Missão Sustentável Biomimética da empresa Soarce

A Soarce, uma empresa especializada na conversão de biomassa em aditivos funcionais de nanocelulose, manifesta um compromisso com a sustentabilidade ao estruturar sua missão empresarial sob uma perspectiva biomimética. Com base em processos patenteados, a

organização emprega a nanocelulose extraída de algas marinhas para o desenvolvimento de compósitos estruturais caracterizados por maior leveza, resistência e acessibilidade.

A empresa reconheceu que os materiais convencionais, como a madeira e os polímeros sintéticos, apresentam limitações ambientais e econômicas significativas. O tempo de crescimento das árvores, por exemplo, pode levar décadas, enquanto o suprimento de fontes fósseis é finito e altamente poluente. Paralelamente, as algas marinhas estavam sendo vistas como um problema ambiental: espécies invasivas se acumulavam em litorais, liberando dióxido de carbono, nitrogênio e fósforo ao se decompor, contribuindo para impactos ecológicos adversos. Dessa forma, a Soarce percebeu que esse excesso de biomassa representava um recurso potencial ainda não explorado de maneira eficiente.

Nesse sentido, a empresa considerou critérios analíticos na definição de sua estratégia de sustentabilidade, entre os quais podem ser sintetizados:

- Contexto ambiental local e global: a empresa estabelece um vínculo entre os desafios específicos da indústria e as tendências globais em sustentabilidade, incluindo a valorização de materiais renováveis e a redução do impacto ambiental;
- Diagnóstico dos desafios ambientais e sociais: a Soarce comprehende a necessidade de reduzir a dependência de recursos não renováveis, atenuar a geração de resíduos e promover o emprego de materiais com maior eficiência e durabilidade;
- Avaliação dos impactos ambientais e sociais da produção: o impacto dos materiais convencionais é minuciosamente analisado, especialmente no que tange à emissão de gases de efeito estufa e à produção de resíduos, sendo buscadas alternativas que reduzam significativamente esses efeitos; e
- Dinâmicas do mercado e *benchmarking* de práticas empresariais: a Soarce conduz análises comparativas sobre práticas de sustentabilidade no setor, com o objetivo de identificar oportunidades de diferenciação e liderança em inovação responsável.

O primeiro passo na formulação de sua missão biomimética foi a identificação de um recurso natural subutilizado e ecologicamente problemático: as algas marinhas, especificamente espécies como o Sargassum e o Kelp. Este, por exemplo, demonstrava ser um sequestrador de carbono muito mais eficiente do que as árvores, capturando carbono até 20 vezes mais rápido. Além disso, as algas não necessitam de água doce, terras cultiváveis ou pesticidas, características que as tornam altamente sustentáveis.

Figura 46: Sargassum e Kelp, respectivamente

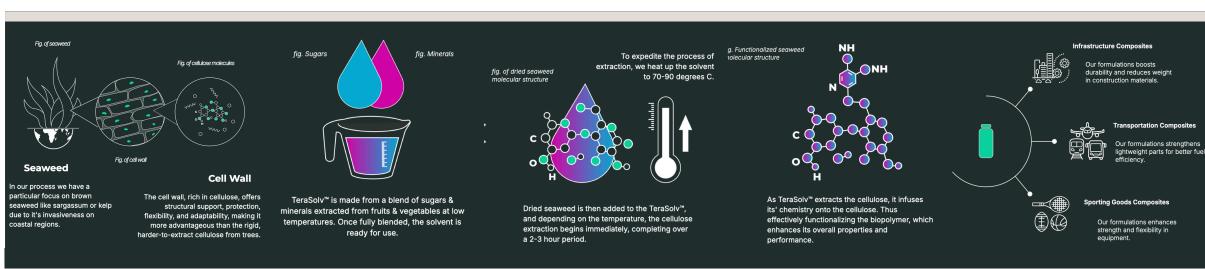


Fonte: Google Imagens (2024)

A partir desse contexto, a Soarce aplicou a biomimética ao observar como organismos marinhos aproveitam a nanocelulose para criar estruturas leves e resistentes. Essa compreensão levou ao desenvolvimento de um método inovador para extrair e funcionalizar a celulose a partir das algas, utilizando um solvente proprietário. Esse processo de refinamento limpo permitiu transformar um problema ambiental (o excesso de algas invasivas) em uma solução tecnológica sustentável.

A extração da nanocelulose é realizada com o uso do solvente sustentável TeraSolv, uma mistura de açúcares e minerais derivados de frutas e vegetais, que opera em baixas temperaturas, evitando danos à estrutura molecular da celulose. Esse solvente, ao ser aquecido entre 70 e 90 graus Celsius, acelera a extração e funcionaliza a nanocelulose, conferindo-lhe propriedades químicas aprimoradas. O processo ocorre de maneira rápida, sendo concluído em um período de duas a três horas, garantindo eficiência produtiva e baixo impacto ambiental. Esse método possibilita a obtenção de nanocelulose com desempenho superior, ampliando suas possibilidades de aplicação em materiais compósitos, conforme a Figura 47.

Figura 47: Processo biomimético da empresa Soarce



Fonte: Soarce (2024)

O processo biomimético não se limitou apenas à extração do material, mas também à funcionalização da celulose em escala nanométrica, resultando no produto final, um aditivo que melhora a resistência mecânica, reduz o peso e otimiza a eficiência dos compósitos. Dessa forma, a empresa não apenas resolveu um problema ambiental imediato, mas também gerou um modelo de negócio biomimético.

A figura 48 apresenta o resultado de seu processo, *Seabind Charged*, usados como adesivos, tintas e outros produtos químicos industriais. Em contrapartida, o *Seabind Uncharged* voltado para revestimentos, compósitos estruturais e materiais que demandam estabilidade química.

Figura 48: Produtos da empresa



Fonte: Soarce (2024)

A Soarce direciona suas formulações para diferentes setores industriais, destacando-se nos compósitos para infraestrutura, transporte e equipamentos esportivos. No setor de construção civil, sua nanocelulose contribui para o desenvolvimento de concretos mais duráveis e leves, reduzindo a utilização de materiais tradicionais de alto impacto ambiental. Na indústria de transportes, a funcionalização da nanocelulose permite o fortalecimento de peças leves, contribuindo para a eficiência energética e a redução no consumo de combustíveis fósseis. Além disso, no setor de artigos esportivos, a empresa viabiliza materiais que combinam leveza e resistência, garantindo alto desempenho em equipamentos técnicos.

Assim, a ancoragem biomimética se manifesta na Soarce a partir de três eixos analíticos:

- Modelos naturais em diferentes escalas: A empresa investigou as propriedades da nanocelulose produzida pelo Sargassum e o Kelp e seu comportamento sob distintas condições ambientais, extraíndo princípios aplicáveis à engenharia de materiais.
- Funções e estratégias naturais: A Soarce estudou a eficiência estrutural dos compósitos naturais, buscando compreender como a nanocelulose otimiza a distribuição de tensões, a flexibilidade e a resiliência dos organismos.

- Princípios de design ecológico e engenharia inspirada na natureza: Os processos de extração e produção desenvolvidos pela empresa são concebidos segundo diretrizes biomiméticas, com o objetivo de maximizar a eficiência e minimizar impactos ambientais.

A missão da Soarce reflete o alinhamento entre inovação, sustentabilidade e biomimética: “transformar a biomassa em aditivos funcionais de nanocelulose, inspirados na natureza, para criar compósitos mais fortes, leves e acessíveis, contribuindo para um futuro mais sustentável”.

A análise da trajetória da Soarce, ao identificar um problema ambiental, a superabundância de algas marinhas em determinados ecossistemas e transformá-lo em insumo estratégico para compósitos de alta performance, demonstrou o potencial de alinhar interesses econômicos com a conservação do meio ambiente, refletindo em seu modelo de negócio. Essas motivações são características de seu modelo de negócio, o qual reflete a biomimética não somente para o desenvolvimento do produto, mas toda a atividade da empresa, desde as pesquisas, como a mensuração da sua própria sustentabilidade.

O caso da Soarce também reforça a importância da pesquisa e do desenvolvimento de tecnologias limpas, amparadas por rigor científico e planejamento estratégico, ampliando as possibilidades de inovação no mercado. Além disso, a utilização de recursos naturais renováveis de maneira consciente e o desenvolvimento de processos produtivos mais eficientes fortalecem a proposta de um modelo de economia circular, com menor dependência de materiais não renováveis e menor geração de resíduos.

A empresa, ao assumir como pilar a biomimética, atesta que as soluções inspiradas na natureza podem servir como guias para produtos e processos industriais mais equilibrados. Esse compromisso, somado à implementação dos ODS (9,12,13 e 14), não apenas reduz o impacto ambiental e fortalece o engajamento social, como contribui para a transição global em direção a padrões de consumo e produção mais responsáveis.

3.2 VISÃO DE LONGO PRAZO

Conforme Szekely e Dossa (2017), em um contexto de crescente complexidade e incerteza, a visão de longo prazo em modelos de negócios sustentáveis vai além da projeção de

resultados financeiros. Demanda, ao invés disso, a construção de uma resiliência, habilitando a organização a navegar por desafios multifacetados e transformar em oportunidades.

Essa perspectiva implica na superação de modelos lineares e preditivos, privilegiando a adoção de estruturas orgânicas e flexíveis. A organização, nesse sentido, deve ser concebida em constante processo de aprendizado e adaptação, com a capacidade de ajustar suas estratégias e operações em resposta às dinâmicas do ambiente.

A construção dessa resiliência adaptativa perpassa por alguns pilares:

1. Cultura de inovação: fomento de um ambiente propício à experimentação, à criatividade e à busca por soluções inovadoras, tanto para os desafios existentes quanto para os que se prenunciam;
2. Inteligência coletiva: estabelecimento de mecanismos para a captação e a integração de conhecimentos diversos, oriundos de diferentes atores e perspectivas, visando a tomada de decisões mais robustas e eficazes;
3. Monitoramento e avaliação contínuos: implementação de sistemas de acompanhamento que permitam a mensuração do impacto da organização em suas diversas dimensões (ambiental, social e econômica), fornecendo insumos para aprimorar o desempenho e a reorientar estratégias, quando necessário; e
4. Colaboração e interdependência: estabelecimento de parcerias estratégicas com outras organizações, redes de colaboração que fortaleçam a capacidade de resposta e a resiliência do sistema como um todo.

A longevidade de um modelo de negócios sustentável, portanto, não reside apenas em sua capacidade de gerar valor econômico, mas em sua habilidade de coevoluir com o ambiente, aprendendo, adaptando-se e contribuindo para a construção de um futuro mais sustentável para todos os atores envolvidos.

A partir desse cenário, sob a ótica biomimética, a resiliência é uma dinâmica evolutiva, fundamentada na interdependência, na adaptação contínua e na inteligência distribuída dos sistemas naturais. Em vez de apenas reagir às mudanças, organizações biomiméticas aprendem com a natureza a antecipá-las, estruturando modelos de negócio capazes de evoluir e prosperar em ambientes voláteis. Esse deslocamento implica a incorporação de princípios como coevolução organizacional, governança descentralizada e métricas regenerativas, que vão além da mitigação de impactos e passam a orientar a empresa como um organismo vivo, capaz de se renovar e transformar continuamente. O Quadro 5 a seguir traduz essa abordagem,

evidenciando como os princípios naturais podem expandir e aprofundar as estratégias sustentáveis já consolidadas, conferindo-lhes maior adaptabilidade e um horizonte temporal ampliado:

Quadro 5: Princípios Naturais x Estratégias Sustentáveis

Dimensão	Como a Natureza Faz	Modelo Biomimético
Foco no Longo Prazo e Evolução Contínua	A natureza evolui ao longo de bilhões de anos, ajustando-se constantemente às mudanças do ambiente por meio de experimentação, seleção natural e aperfeiçoamento contínuo.	Substituir ciclos financeiros curtos por indicadores de regeneração e adaptação contínua. Aplicar processos de inovação inspirados experimentação e feedback. Fomentar cultura de aprendizado contínuo e adaptação, valorizando erros como parte do desenvolvimento.
Perspectiva Sistêmica e Coevolução Organizacional	Em ecossistemas, organismos sobrevivem em rede, promovendo interdependência e coevolução, onde cada espécie colabora direta ou indiretamente para manter a resiliência do todo.	Modelar redes colaborativas inspiradas em ecossistemas naturais. Desenvolver infraestruturas descentralizadas, refletindo a lógica de interdependência da natureza. Repensar cadeia de suprimentos a partir de relações simbióticas, com cooperação estratégica entre fornecedores, parceiros e clientes.
Antecipação de Tendências e Inovação Baseada na Natureza	A natureza explora inúmeras variações genéticas e fenotípicas, respondendo às mudanças ambientais com mecanismos de adaptação eficientes, que muitas vezes antecipam pressões externas.	Praticar inovação aberta a partir da observação de processos naturais. Estruturar P&D ou uma rede científica a partir de universidades ou centros acadêmicos.

		Elaborar estudos sobre cenários futuros e antecipação de tendências.
Governança Adaptável e Descentralizada	Ecossistemas funcionam por meio de governança distribuída, sem um comando central único, mas com múltiplos feedbacks entre os agentes do sistema.	Estruturas leves e fluidas, com equipes multidisciplinares trabalhando em projetos ou redes colaborativas, gestão baseada em valores e uma visão ecossistêmica.
Resiliência Organizacional e Aprendizado Ecológico	Em ambientes voláteis, sistemas naturais desenvolvem resiliência por meio de redundância funcional, biodiversidade e capacidade de se reorganizar e prosperar após distúrbios.	Criar produtos e serviços com capacidade de adaptação a mudanças bruscas Adotar processos de aprendizagem iterativos, feedback constante e evolução interna Incluir redundância funcional para evitar falhas sistêmicas, inspirando-se na biodiversidade como forma de mitigar riscos.
Métricas Regenerativas	Nos ciclos naturais, não há “desperdício”: tudo se reintegra ao ecossistema. A performance é medida pela contribuição de cada elemento para a saúde e regeneração do conjunto.	Substituir indicadores tradicionais por métricas que valorizem impacto regenerativo. Aplicar referências ecológicas (eficiência energética de organismos naturais, por exemplo) como parâmetro de melhoria. Conceber relatórios de sustentabilidade voltados para avaliação ao longo do tempo.
Engajamento da Organização na Biomimética	Na natureza, o “design” faz parte da existência de cada organismo, que funciona em harmonia com o ambiente. Não há separação entre estratégia, cultura e operação: tudo ocorre de forma integrada.	Capacitar colaboradores em princípios biomiméticos para permearem todas as áreas da empresa. Incorporar a lógica bioinspirada desde a concepção de produtos até a governança e a cultura corporativa.

		Usar narrativas inspiradas na natureza para reforçar a coesão interna e a consciência sistêmica.
--	--	--

Fonte: (Benyus, 2002;Farnsworth, 2021;Harman, 2013; Hutchins, 2012; Mead; Jeanrenaud, 2017; Olaizola; Morales-Sánchez; Eguiguren Huerta, 2021; Tamayo; Vargas, 2019; Ulhøi, 2021)

Em síntese, a visão de longo prazo para modelos de negócios sustentáveis, sob a égide da biomimética, exige uma mudança de mentalidade que reverbera desde os fundamentos filosóficos e éticos da interação humano-natureza até as práticas organizacionais mais intrínsecas. Conforme elucidado no primeiro capítulo da fundamentação teórica, a superação da dicotomia entre o ser humano e o meio ambiente, e a consequente adoção de uma postura de interdependência e coevolução, são elementos-chave para a construção de organizações biomiméticas resilientes e adaptáveis.

3.3 ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL

A elaboração de estratégias de sustentabilidade a partir de uma perspectiva biomimética implica integrar a missão sustentável, a visão de longo prazo, em suas práticas concretas. Assim, a sustentabilidade deixa de ser um deslocado do planejamento estratégico e passa a constituir sua base estrutural. Ao adotar um propósito que envolva o bem-estar socioambiental, a organização reconhece que seu papel vai além da geração de lucro. Esse alinhamento com princípios de regeneração e justiça social baliza as decisões de investimento, estruturação organizacional e cultura corporativa e fundamentam as estratégias de sustentabilidade do modelo de negócio.

A formulação das estratégias de sustentabilidade, portanto, reconhece a interdependência dos atores envolvidos, contemplam as demandas de clientes, fornecedores, colaboradores, comunidades e do meio ambiente. Essa visão sistêmica garante decisões mais equilibradas e legitimadas, reduzindo conflitos e promovendo relacionamentos de longo prazo.

A circularidade, por exemplo, inspirada na forma como os ecossistemas reproveitam recursos, orienta a minimização de desperdícios e a promoção de processos regenerativos é uma estratégia de sustentabilidade adotada por muitas empresas biomiméticas. Em práticas empresariais, isso se traduz em design de produtos que permitam reparos, reuso ou reciclagem, compostagem orgânica, além de estender isso a parcerias que facilitem o

aproveitamento de subprodutos. Para tanto, em empresas que adotam a biomimética como filosofia, a sustentabilidade permeia todas as escolhas, desde projetos de pesquisa e desenvolvimento até a seleção de parcerias estratégicas e práticas de governança (Lovins *et al.*, 1999; McDonough; Braungart, 2002).

A criação de valor em um modelo de negócio biomimético é fruto da combinação sinérgica de benefícios ecológicos, sociais e econômicos. Tais modelos apresentam características que os diferenciam no cenário competitivo contemporâneo. A inspiração em processos naturais fomenta ideias criativas e diferenciadas, conferindo vantagem competitiva às organizações (Benyus, 1997).

Produtos e serviços inovadores podem atrair mercados emergentes e consumidores conscientes, ampliando o alcance comercial. Além disso, a otimização no uso de recursos gera diminuição de custos operacionais ao longo do ciclo de vida dos produtos. O esforço em reduzir desperdícios e retrabalhos contribui para a estabilidade financeira e a atratividade dos modelos de negócio (Lovins *et al.*, 1999).

Empresas que demonstram compromisso com a sustentabilidade e a regeneração ambiental têm maior aceitação por parte do público, especialmente em um contexto de crescente preocupação socioambiental. Essa reputação positiva atrai investidores de impacto, clientes fiéis e talentos interessados em propósito. Ao cuidar dos serviços ecossistêmicos e fortalecer laços comunitários, a organização cria valor compartilhado de longo prazo (Porter; Kramer, 2011).

3.4 IMPLEMENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL

A sustentabilidade só pode ser efetiva quando implementada de maneira estruturada e integrada às operações da empresa. Isso significa que não basta criar produtos sustentáveis de forma isolada, é essencial repensar toda a cadeia de valor e os processos internos, garantindo que a sustentabilidade esteja incorporada desde a concepção da estratégia até a sua execução.

A metodologia biomimética se encaixa como a ferramenta estratégica para viabilizar essa transformação estrutural e integrada da sustentabilidade dentro das operações da empresa. Se a sustentabilidade só pode ser efetiva quando incorporada à estratégia e aos processos organizacionais, a biomimética fornece o caminho metodológico para essa incorporação,

utilizando os princípios da natureza para reconfigurar cadeias de valor, processos internos e modelos de inovação.

Por essa razão, é necessário um compromisso substancial com pesquisa e desenvolvimento interdisciplinar, visando a aplicação precisa dessas estratégias nos modelos de negócio, assim como em produtos, serviços e processos, que se alinham mais estreitamente com as soluções biológicas e ecológicas originais.

A necessidade de sistematizar a abordagem biomimética levou à adoção das metodologias *top-down e bottom-up*, que surgiram originalmente diferentes campos do conhecimento, cada um adaptando essas abordagens conforme suas necessidades e avanços tecnológicos. Esses métodos foram incorporados à biomimética para estruturar a transposição de princípios biológicos para contextos aplicáveis, permitindo um fluxo mais rigoroso de inovação e adaptação. Cada uma delas tem suas próprias vantagens e limitações, refletindo diferentes maneiras de interpretar e aplicar soluções inspiradas na natureza, seja a partir de um problema, ou de uma micro ou nano estrutura biológica.

Nesse contexto de análise, a abordagem *top-down* é particularmente útil quando há um problema bem definido, pois permite designers busquem na natureza soluções direcionadas, estruturando um fluxo de trabalho claro e sistemático. Speck e Speck (2008) destacam que essa abordagem segue uma lógica hierárquica bem estabelecida, em que a formulação do problema técnico conduz à busca por analogias biológicas, culminando na aplicação desses princípios.

Outras interpretações da abordagem "*top-down*", também pode ser visualizada em Arruda (2023), mostra uma visão atual de investigação, é relevante, porque permite reconhecer estratégias biológicas que podem ser reproduzidas a partir de um problema de design. Para alcançar a mesma função ou resultado, uma estratégia diferente pode ser necessária. Além disso, como os problemas são complexos, os organismos e os designs humanos frequentemente desempenham várias funções e empregam várias estratégias simultaneamente.

A partir da investigação do problema (subtópico 3.1.1), o próximo passo é buscar na natureza ecossistemas e/ou sistemas biológicos que possuem questões semelhantes. Esse método é uma abordagem criativa da Biomimética através da analogia (def. 'relação de semelhança entre coisas ou fatos') das estruturas naturais *versus* questões humanas que podem dar origem as soluções de design. Em outras palavras, o estudo da forma, sistemas, estratégias, processo, comportamento dos elementos biológicos podem ser interpretados e

imitados na ótica da problemática humana e, então, serem uma parte ou o todo de uma solução de design, nessa abordagem.

A Figura 49 apresenta o fluxo metodológico biomimética proposto. Trata-se de uma perspectiva linear para ajudar a compreensão da sequência projetual a ser seguida, ao final pretende-se obter um modelo biomimético.

Figura 49: Fluxo Metodológico Biomimético

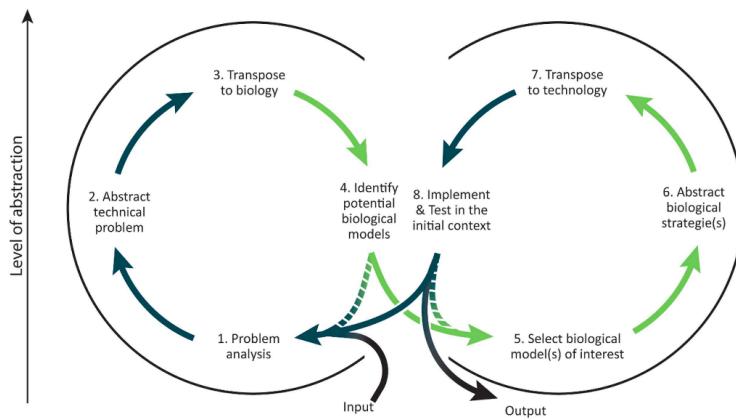


Fonte: Arruda (2022)

Quanto as suas características, a biomimética, quando aplicada por uma perspectiva exclusivamente top-down, pode acabar focando em otimizações moderadas dentro de sistemas existentes, resultados em poucos meses a poucos anos, obtém resultados incrementais, uma vez que foca em problemas específicos, com saltos tecnológicos menores que na abordagem *bottom-up* (Speck e Speck, 2008; Fayemi, 2017).

Fayemi (2017) apresenta outro modelo de processo biomimético orientado ao problema, composto por oito etapas organizadas em duas fases complementares, conforme a Figura 50. O modelo se estrutura em um ciclo duplo de abstração e especificação, permitindo a transição entre tecnologia (setas azuis) e biologia (setas verdes), e vice-versa. Esse processo busca facilitar implementação de estratégias da biomimética em um contexto organizacional, estabelecendo uma sistematização.

Figura 50: Metodologia Biomimética Sistematizada



Fonte: Fayemi (2017)

A primeira fase (etapas 1–4) trata da transição da tecnologia para a biologia, na qual ocorre a formulação do problema e sua transposição para um contexto biológico. A segunda fase (etapas 5–8) refere-se ao retorno da biologia para a tecnologia, onde os princípios extraídos dos sistemas biológicos são traduzidos em soluções técnicas aplicáveis. A descrição das etapas, conforme o autor, segue a seguinte dinâmica:

1. Análise do problema: identificação e formalização do problema técnico ou do eixo de melhoria do sistema de interesse;
2. Abstração do problema técnico: construção de um modelo funcional que considera as restrições e o contexto da questão a ser resolvida;
3. Transposição para a biologia: formulação de perguntas dirigidas à natureza, a fim de identificar mecanismos biológicos relevantes;
4. Identificação de modelos biológicos: exploração de literatura científica, bancos de dados e outros meios para localizar sistemas naturais que resolvem problemas análogos;
5. Seleção do modelo biológico: escolha de um ou mais modelos naturais cujas estratégias possam ser aplicadas ao problema inicial;
6. Abstração da estratégia biológica: extração de princípios funcionais independentes do contexto biológico, permitindo sua generalização;
7. Transposição para a tecnologia: adaptação dos princípios biológicos ao contexto técnico, viabilizando sua implementação; e

8. Implementação e teste no contexto original: Desenvolvimento e avaliação da solução, com possibilidade de ajustes iterativos.

O modelo não é estritamente linear, pois apresenta ciclos de realimentação (*feedback loops*) e iterações em diferentes fases do processo. A interação contínua entre os domínios da biologia e da tecnologia permite revisões e refinamentos, garantindo maior precisão na abstração e aplicação dos princípios biomiméticos. Dessa forma, a abordagem proposta é dinâmica e adaptativa, diferenciando-se de metodologias sequenciais tradicionais (Fayemi *et al.*, 2017).

Diferentes nomenclaturas podem ser evidências em diferentes contextos de aplicação, mas representam, em essência uma abordagem *top-down*. O Quadro 6 mostra algumas dessas nomenclaturas:

Quadro 6: Diferentes nomenclaturas da abordagem top-down

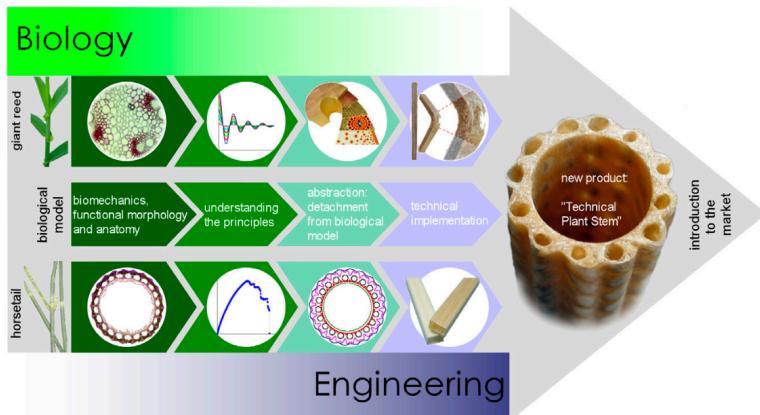
Abordagem top-down	Descrição
<i>Challenge to Biology</i> (Baumeister, 2014)	Parte da definição de um problema técnico e busca análogos biológicos que possam solucioná-lo.
<i>Biologically inspired design</i> (Vattam <i>et al.</i> , 2009)	Enfatiza a adaptação funcional e prática de estratégias naturais para resolver desafios específicos. Baseia-se nas questões fundamentais da analogia: por quê, o quê, como e quando.
<i>Biomimetics by Analogy</i> (Gebeshuber & Drack, 2008)	Foca na transferência de princípios biológicos através da analogia funcional.
<i>Engineering Problem Solving with Biomimicry</i> (Vincent e Mann, 2002)	Aplica metodologias da engenharia para adaptar soluções biológicas a problemas técnicos.

Fonte: Baumeister (2014); Vattam *et al.* (2009); Gebeshuber & Drack (2008); Vincent e Mann (2002)

No caminho inverso da abordagem *top-down*, as metodologias que se baseiam na abordagem *bottom-up* na biomimética fundamenta-se no conceito de exploração e descoberta, começando pela observação da biologia e, posteriormente, abstraindo princípios que podem ser aplicados ao design humano. Esse método é também denominado *biology-to-design* e enfatiza a identificação de fenômenos biológicos inovadores sem um problema pré-definido (Speck; Speck, 2008).

A abordagem *bottom-up* está intimamente relacionada ao conceito de biomimética generativa, onde o desenvolvimento de soluções parte da identificação de padrões evolutivos e suas aplicações em sistemas humanos. É particularmente eficaz na criação de inovações disruptivas, pois permite a exploração de processos naturais ainda não correlacionados com desafios humanos.

Parte da investigação de sistemas biológicos e suas propriedades funcionais, permitindo que soluções inovadoras sejam desenvolvidas a partir de descobertas científicas fundamentais, como o caso da empresa Aquaporin. Essa metodologia possibilita avanços tecnológicos significativos, uma vez que os princípios extraídos da natureza não apenas inspiram novas soluções, mas também podem ser aplicados a diversas áreas. Além disso, essa abordagem favorece um aprofundamento analítico, garantindo que os conceitos biomiméticos sejam rigorosamente testados e validados antes de sua implementação prática, o que resulta em maior confiabilidade e desempenho nas aplicações técnicas. O caráter interdisciplinar do processo também se destaca, pois exige colaboração entre biólogos, engenheiros e cientistas de diversas áreas, enriquecendo a transposição de conhecimento biológico para soluções tecnológicas inovadoras (Speck; Speck, 2008; Badarnah; Kadri, 2014; Vincent; Mann, 2002).

Figura 51: Abordagem *bottom-up*

Fonte: Speck; Speck (2008)

No entanto, a abordagem *bottom-up* apresenta desafios substanciais que podem dificultar sua adoção em escala industrial. Um dos principais entraves é o longo período necessário para a maturação dos projetos que envolve o desenvolvimento de materiais ou produtos, que pode variar entre três e sete anos, dificultando a obtenção de retornos financeiros rápidos e tornando o modelo menos atraente para empresas que operam sob pressões mercadológicas imediatas.

Além disso, a abstração dos princípios biológicos para o desenvolvimento de soluções técnicas é uma das etapas mais complexas, exigindo um alto grau de conhecimento interdisciplinar e metodologias refinadas para garantir a transferência eficaz de conceitos naturais para o ambiente empresarial.

Outro desafio relevante é o alto custo associado à pesquisa e desenvolvimento, especialmente porque muitos conceitos biomiméticos requerem experimentação avançada e adaptação para viabilização em escala produtiva. Assim, apesar de seu potencial inovador e sua contribuição para soluções tecnologicamente avançadas, a abordagem *bottom-up* demanda tempo, investimento e expertise especializada, fatores que podem limitar sua aplicabilidade em determinados contextos empresariais (Speck; Speck, 2008; Gebeshuber; Drack, 2008; Vattam; Helms; Goel, 2010).

Diferentes nomenclaturas podem ser evidências em diferentes contextos de aplicação, mas representam, em essência uma abordagem *bottom-up*. O Quadro 7 mostra algumas dessas nomenclaturas:

Quadro 7: Diferentes nomenclaturas da abordagem *bottom-up*

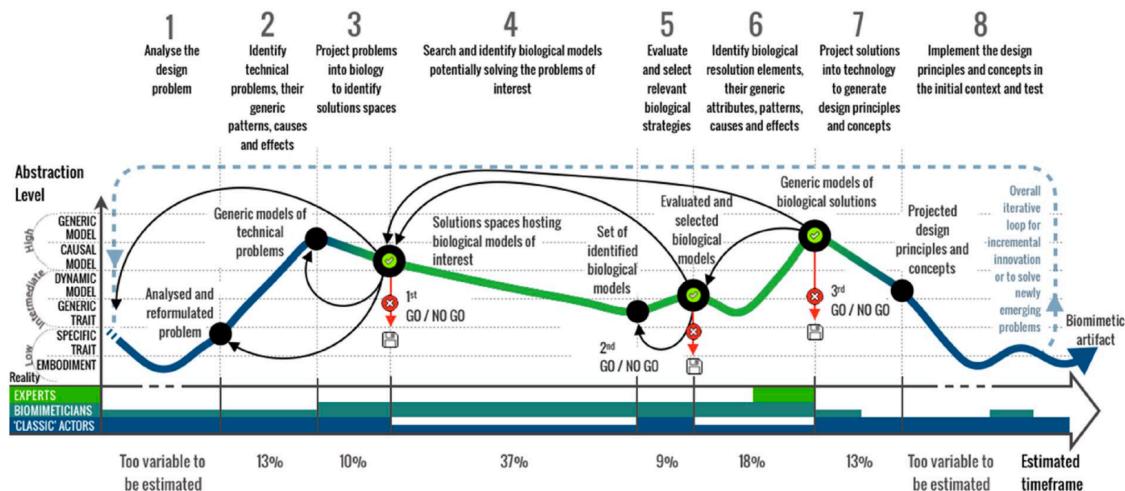
Abordagem bottom-up	Descrição
<i>Biology to Design Approach</i> (Baumeister, 2014)	Essa abordagem segue um caminho "de baixo para cima", partindo da observação de sistemas biológicos e suas características fundamentais para inspirar soluções tecnológicas e de design. Inicia com a compreensão dos princípios naturais antes da transposição para o design.
<i>Biomimetics by Induction</i> (Gebeshuber; Drack, 2008):	Esse método parte da pesquisa biológica fundamental sem um objetivo imediato de aplicação tecnológica. Os princípios observados são então extraídos e sistematicamente convertidos em soluções técnicas.
<i>Solution-driven</i> (Vattam <i>et al.</i> , 2009):	Também conhecida como abordagem "de solução para biomimética", essa metodologia parte da análise de fenômenos naturais para extraer conceitos aplicáveis ao design.
<i>Bottom-up biomimicry</i> (Badarnah; Kadri, 2014)	Esse conceito enfatiza uma abordagem sistemática para a geração de conceitos de design biomiméticos. Em vez de simplesmente copiar formas naturais, a metodologia propõe a abstração de estratégias dominantes que ocorrem simultaneamente na natureza e sua aplicação seletiva em projetos de design.

Fonte: Baumeister (2014); Gebeshuber; Drack (2008); Vattam *et al.* (2009); Badarnah; Kadri (2014)

Graeff *et al.* (2021), através de uma perspectiva, validou o modelo o interdisciplinar baseado no conceito de *Technology Pull Interdisciplinary Biomimetic Process* (TPIB), como

mostra a Figura 52. Destaca-se por sua estruturação mais clara, melhor gestão de riscos e integração de perfis transdisciplinares ao longo das etapas do processo, tais como:

1. Experts (Especialistas em Biologia e Ciência): são profissionais com conhecimento avançado em biologia, ecologia, bioengenharia e áreas correlatas. Sua função principal é fornecer dados científicos sólidos, garantindo que os princípios biológicos sejam interpretados corretamente e utilizados de forma eficaz no processo de design. Atuam especialmente nas etapas de identificação e abstração dos modelos biológicos, auxiliando na seleção das estratégias mais promissoras;
2. Biomimeticians (Profissionais Interdisciplinares em Biomimética): representam um novo perfil profissional introduzido no modelo para atuar como intermediários entre biologia e design. Possuem uma formação híbrida, combinando conhecimento técnico sobre processos de inovação com uma compreensão profunda dos princípios biológicos. Sua função é facilitar a transposição de conceitos biológicos para soluções tecnológicas, garantindo que as abstrações sejam feitas de maneira correta e aplicável. Atuam como mediadores durante o processo, conectando as necessidades do projeto com os insights extraídos da biologia; e
3. Profissionais (Designers, Engenheiros e Profissionais Tradicionais da Inovação: Englobam designers industriais, engenheiros de produto, especialistas em materiais, ergonomistas, arquitetos e outros profissionais tradicionalmente envolvidos no desenvolvimento de produtos e sistemas. São responsáveis pela formulação inicial do problema de design e pela implementação das soluções biomiméticas em um contexto tecnológico e de mercado. Sua principal função é traduzir os princípios extraídos da natureza em inovações concretas, garantindo que os artefatos finais sejam funcionais, viáveis e sustentáveis. Esses profissionais trabalham nas etapas iniciais de definição do problema e nas fases finais de adaptação e implementação das soluções biomiméticas.

Figura 52: *Technology Pull Interdisciplinary Biomimetic Process (TPIB)*Fonte: Graeff *et al.* (2021)

O eixo (X) segue uma linha do tempo distribuída em oito etapas sequenciais, começando com a análise do problema de design e terminando com a implementação e teste da solução biomimética. Cada uma dessas etapas tem um tempo estimado, baseado em estudos de projetos biomiméticos reais, permitindo que as equipes tenham uma referência sobre o esforço esperado para cada fase.

A divisão do tempo é representada por percentuais relativos à duração total do projeto, com algumas fases sendo mais longas e outras mais curtas. A imagem mostra que as etapas 4 e 5 (identificação e seleção de modelos biológicos) consomem a maior parte do tempo, destacando que a busca e avaliação de soluções naturais é uma das fases mais exigentes do processo.

A primeira etapa do modelo consiste na análise do problema de design. Aqui, é fundamental uma formulação clara e precisa da questão de design, pois essa fase define a estrutura de todo o projeto. A segunda etapa é dedicada à identificação de problemas técnicos, seus padrões genéricos, causas e efeitos. Esse estágio reforça a necessidade de abstração, permitindo que os desafios técnicos sejam desagregados em componentes mais gerais e analisáveis.

Na terceira etapa, ocorre a projeção dos problemas técnicos no campo da biologia, a fim de identificar espaços de soluções potenciais. Esse processo é descrito como uma transposição analógica, onde os desafios tecnológicos são reformulados em termos biológicos, permitindo a busca por soluções inspiradas na natureza. A quarta etapa se concentra na busca e identificação de modelos biológicos que possam contribuir para a resolução do problema identificado.

Após a identificação de possíveis modelos biológicos, a quinta etapa envolve a avaliação e seleção das estratégias biológicas mais relevantes. Esse estágio é o primeiro ponto de convergência no processo e requer uma análise aprofundada dos organismos e suas adaptações para garantir que as estratégias selecionadas sejam apropriadas para o contexto do projeto. Esse momento também introduz um dos marcos de decisão do processo, chamado de *Go/No Go*, onde a equipe avalia se vale a pena continuar explorando determinada solução biológica.

Na sexta etapa, identificam-se os elementos de resolução biológica, seus atributos genéricos, padrões e efeitos. Assim como a segunda etapa, esse momento envolve um alto nível de abstração, essencial para garantir que os princípios biológicos possam ser extrapolados para um contexto técnico.

Seguindo esse raciocínio, a sétima etapa projeta as soluções no domínio tecnológico, gerando princípios de design e conceitos aplicáveis à inovação. Esse estágio demanda um equilíbrio entre níveis de abstração, pois uma transposição excessivamente específica pode restringir a aplicabilidade, enquanto uma abordagem excessivamente abstrata pode dificultar a implementação.

A oitava e última etapa compreende a implementação dos conceitos biomiméticos no contexto inicial e a subsequente fase de testes. Essa fase é iterativa, permitindo ajustes no nível de abstração conforme novos desafios emergem durante a aplicação prática. Essa dinâmica reforça a flexibilidade do modelo e a necessidade de adaptação contínua no desenvolvimento de artefatos biomiméticos.

Uma inovação central desse modelo é a introdução de marcos decisórios denominados *Go/No Go*, que ocorrem em momentos estratégicos do processo para validar a viabilidade das soluções antes de avançar para as fases subsequentes. Esses marcos foram implementados para mitigar riscos e assegurar que o projeto siga um caminho sustentável e exequível.

O modelo TPIB aprimora a lógica de eixos estruturais, apresentando uma melhor distribuição dos níveis de abstração ao longo do processo. Ele se diferencia dos modelos tradicionais de design biomimético por integrar um fluxo mais estruturado de tomada de decisão, permitindo maior previsibilidade e controle sobre os riscos envolvidos. Além disso, a abordagem iterativa facilita a adaptação de conceitos biomiméticos ao longo do desenvolvimento do projeto, contribuindo para a inovação incremental e contínua.

Esse processo representa um avanço significativo na sistematização da biomimética aplicada ao design, promovendo uma metodologia mais acessível e eficaz para a concepção de modelos de negócios e artefatos inspirados na natureza

A partir desse contexto, a abordagem *top-down* é comum em sistemas organizacionais mais estruturados, onde as decisões estratégicas partem da alta gestão, definindo diretrizes e objetivos amplos para nortear a busca por soluções inovadoras. Esse processo é caracterizado pela delimitação prévia do foco de atuação e pela seleção de metas claras a serem perseguidas, o que facilita o alinhamento das equipes de pesquisa e desenvolvimento às prioridades da organização (Christensen; Raynor, 2003).

Nesse sentido, o modelo *top-down* propicia a alocação direcionada de recursos e confere uma visão de longo prazo, assegurando que as iniciativas de inovação mantenham coerência com o propósito central do negócio (Fayemi, 2017).

Por outro lado, a abordagem *bottom-up* consiste na exploração mais livre de fenômenos, processos e estratégias encontradas na natureza, sem que haja necessariamente um objetivo pré-definido de aplicação prática. Esse método estimula a curiosidade científica e o surgimento de descobertas que podem posteriormente ser adaptadas a soluções tecnológicas ou a melhorias organizacionais (Vincent *et al.*, 2006).

Para um modelo de negócios biomimético, essa liberdade de investigação é fundamental, pois promove a observação dos mecanismos e padrões naturais, abrindo caminho para inovações disruptivas que podem diferenciar a empresa no mercado. Além disso, a abordagem *bottom-up* incentiva a participação de múltiplos atores (colaboradores, pesquisadores e até comunidades externas), o que potencializa a geração de ideias e a criatividade coletiva (Benyus, 1997).

Quando se adota o formato *top-down*, corre-se o risco de engessar as explorações científicas, limitando o potencial criativo e inibindo a descoberta de soluções que vão além das metas inicialmente traçadas. Por outro lado, uma abordagem exclusivamente *bottom-up* pode

levar a desvios em relação à missão estratégica do negócio, já que o foco excessivo na pesquisa livre pode dispersar recursos e dificultar a conversão das descobertas em valor de mercado (Christensen; Raynor, 2003).

A definição da abordagem biomimética, seja *top-down* ou *bottom-up*, não se limita ao ponto de partida (problema pré-existente vs. descoberta biológica), mas também envolve o nível hierárquico (do estudo de pequenas estruturas biológicas até o nível de ecossistema) em que se fundamenta a analogia natural. Em outras palavras, essa convergência atende tanto a problemas técnicos imediatos quanto à descoberta de soluções biológicas inéditas. Além disso, a escolha metodológica relaciona-se ao nível hierárquico de observação, pois sistemas moleculares e celulares tendem a demandar lógica *bottom-up*, enquanto estruturas mais complexas (como organismos e ecossistemas) favorecem a *top-down* (Speck; Speck, 2008; Fayemi *et al.*, 2017).

O Quadro X ilustra a relação entre diferentes os níveis hierárquicos dentro de uma organização e a necessidade de metodologias específicas para atender às demandas de cada um desses níveis.

Quadro 8: Diferentes os níveis hierárquicos biológicos x metodologia biomimética

Nível de Hierarquia	Exemplo Biológico	Abordagem
Molecular	DNA e a replicação genética	<i>Bottom-Up</i>
Celular	Membranas celulares que filtram substâncias	<i>Bottom-Up</i>
Tissular	Estruturas ósseas e sua distribuição de força	<i>Top-Down</i>
Organismo	Adaptação e homeostase de seres vivos	<i>Top-Down</i>
Ecossistema	Cadeias tróficas, simbioses e cooperação entre seres	<i>Top-Down</i>

Fonte: Speck; Speck (2008); Fayemi *et al.* (2017)

Para que essa inovação seja efetivamente implementada e gere impacto, é necessário um planejamento estratégico que conte com três aspectos principais:

1. Monetização adequada: estruturar um modelo econômico viável para garantir a sustentabilidade financeira da inovação. Quanto menor o nível da hierarquia, maiores os investimentos;
2. Inserção no mercado: identificar o nicho adequado e planejar uma estratégia de adoção e escala. Quanto menor o nível da hierarquia, maior o grau de inovação;
3. Geração de benefícios socioambientais - Garantir que a inovação não apenas minimize impactos negativos, mas também crie valor positivo para a sociedade e o meio ambiente. Quanto menor o nível da hierarquia, maiores os impactos sociais.

Essa convergência é fundamental para a estruturação de modelos de negócios biomiméticos, pois permite a formatação de soluções que tanto atendem demandas imediatas de mercado quanto fomentam inovações de longo prazo, alinhando criatividade radical à factibilidade econômica.

Nesse sentido, ao combinar elementos de cada abordagem, as empresas podem promover melhorias incrementais e alcançar diferenciais competitivos mais significativos, integrando princípios naturais de forma sistemática e geradora de valor. Na dimensão de criação e entrega de valor, elementos como a cooperação interdisciplinar e a analogia funcional tornam-se essenciais para identificar, no ambiente natural, estruturas ou processos que possam ser traduzidos em produtos e serviços diferenciados (Vincent; Mann, 2002).

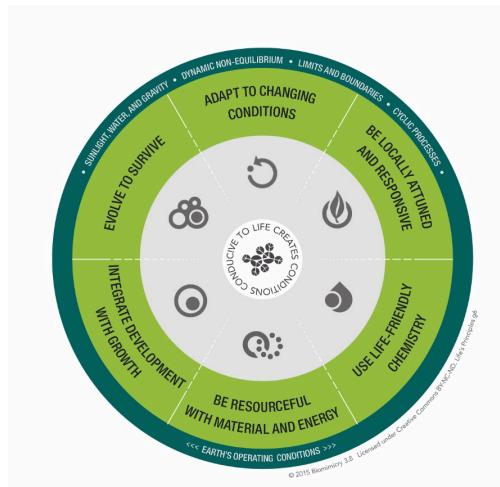
Do ponto de vista de captura de valor, as empresas precisam desenhar modelos de receita e parcerias que equilibrem eficiência de recursos, minimização de impactos ecológicos e geração de benefícios tangíveis para a sociedade, em linha com a proposta de um ciclo de inovação baseado na natureza (Badarnah; Kadri, 2014).

As implicações para os modelos de negócios biomiméticos são importantes: em vez de focalizar exclusivamente resultados imediatos, as organizações passam a orientar suas atividades por ciclos iterativos de investigação, abstração e aplicação, que incrementam a capacidade de resposta a desafios complexos. Como consequência, surgem produtos, serviços e processos mais alinhados às dinâmicas sustentáveis do meio natural, fortalecendo tanto a competitividade econômica quanto a responsabilidade socioambiental da empresa, conforme destacam Speck e Speck (2008) e Graeff et al. (2021) em seus estudos sobre aplicações industriais e gerenciais da biomimética.

Outra abordagem bastante difundida no cenário empresarial é a DesignLens, desenvolvida pela Biomimicry 3.8, constitui uma das metodologias consolidadas no campo da biomimética. Seu principal público-alvo inclui designers, pesquisadores, inovadores e organizações que buscam alinhar seus projetos a princípios naturais. Em termos de prática, o DesignLens se destaca por oferecer uma visão sistêmica embasada na metodologia *Biomimicry Thinking* (Figura 54), e nas ferramentas Princípios da Vida (Figura 53) e Elementos Essenciais (visto anteriormente no capítulo anterior). Essas diretrizes orientam tanto a reconexão com a natureza na perspectiva filosófica e ética, quanto a emulação de padrões e estratégias naturais em produtos, processos e sistemas humanos. O enfoque, em grande parte, é sistêmico e baseado em valores e se concentra na transposição de princípios inspirados em ecossistemas e organismos vivos, conferindo suporte teórico e metodológico para o desenvolvimento de inovações sustentáveis.

Embora o DesignLens não seja apresentado como um passo a passo estritamente linear, sua aplicação costuma ser organizada de forma a contemplar ferramentas e o modelo metodológico:

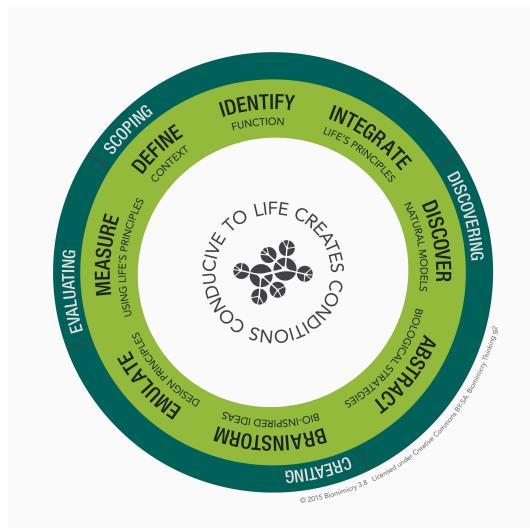
Figura 53: Princípios da Vida



Fonte: DesignLens (2024)

Princípios da Vida: Consiste nas estratégias evolutivas que sustentam a vida. Esses princípios servem como diretrizes para inovação sustentável e incluem: Adaptar-se a mudanças, ser localmente ajustado e responsável, desenvolver-se e crescer de forma integrada, ser eficiente com materiais e energia, usar química amigável à vida, evoluir para sobreviver.

Figura 54: Biomimicry Thinking



Fonte: DesignLens (2024)

Biomimicry Thinking: um modelo processual que organiza o pensamento biomimético em quatro fases principais:

- Scoping (Escopo): definir o problema e o contexto.
- Discovering (Descoberta): explorar modelos naturais.
- Creating (Criação): gerar soluções baseadas na natureza.
- Evaluating (Avaliação): medir a solução com princípios biomiméticos.

A metodologia de gamificação presente no projeto *Nature Cards* da IDEO (2024) – Figura 55 – é um exemplo de como princípios da natureza podem ser traduzidos em ferramentas interativas para estimular a inovação e o pensamento estratégico. Esse tipo de abordagem combina elementos lúdicos, heurísticas de design e princípios biomiméticos para guiar a resolução de problemas complexos, além de promover o pensamento sistêmico e a cocriação, aspectos fundamentais para a construção de organizações que funcionam como sistemas vivos. Sua estrutura é organizada em quatro categorias principais:

1. Adaptação (Design for Change)

- Explora como os organismos evoluem para lidar com pressões seletivas, mudanças ambientais e desafios ecológicos.

- b) Exemplos: Pressões Seletivas (como os bicos dos tentilhões de Darwin que se adaptam à disponibilidade de alimento), Dispersão ou Devoção (estratégias de reprodução de tartarugas vs. elefantes), e Forma Ativa (inspirada no formato hidrodinâmico do bico do martim-pescador).

2. Comunicação (Design for Emergence)

- a) Investiga como os sistemas naturais se organizam e respondem a estímulos de maneira descentralizada.
- b) Exemplos: Regras Simples (como os cupins que constroem estruturas complexas com poucos comandos básicos), Sinais Contextuais (como os suricatos que usam chamadas para alertar sobre predadores) e Redes Emergentes (como o mofo de limo, que otimiza a distribuição de nutrientes).

3. Resistência (Design for Uncertainty)

- a) Foca na resiliência dos sistemas naturais e como eles equilibram eficiência e robustez.
- b) Exemplos: Eficiência vs. Resiliência (comparando sistemas resilientes, como pradarias biodiversas, e sistemas eficientes, como mutualismos altamente especializados), Sucessão Ecológica (o renascimento de ecossistemas após incêndios florestais) e Estruturas Dinâmicas (como a palmeira "caminhante", que se move em direção ao sol ao longo do tempo).

4. Relacionamentos (Design for Systems)

- a. Analisa como espécies e ecossistemas dependem de interações complexas.
- b. Exemplos: Espécies-Chave (como as lontras-marinhas que controlam populações de ouriços-do-mar e preservam florestas de algas), Mutualismo (como a relação entre visco e zimbro) e Engenharia Ecológica (como os castores que criam habitats ao represar rios).

Figura 55: Metologia Nature Cards



Fonte: IDEO (2024)

A metodologia do *Nature Cards* baseia-se em um processo iterativo e exploratório, no qual os participantes identificam desafios de design ou inovação e, a partir disso, selecionam princípios naturais representados nas cartas. A escolha pode ser orientada pelas categorias predefinidas (adaptação, comunicação, resistência e relacionamentos) ou ocorrer de maneira aleatória, promovendo associações inesperadas e novas perspectivas. Cada carta apresenta um princípio biológico, acompanhado de exemplos concretos da natureza e de possíveis aplicações no contexto organizacional ou de design. A interação com esses conceitos estimula a abstração e a tradução de estratégias evolutivas para a realidade dos projetos.

Ao longo do processo, os participantes são incentivados a conectar diferentes princípios, combinando múltiplas inspirações para formular soluções sistêmicas e sustentáveis. A abordagem não se limita a uma prescrição fixa, mas propõe um percurso aberto de reflexão e adaptação, permitindo que as ideias sejam continuamente refinadas à medida que novas conexões emergem. Essa flexibilidade possibilita a testagem de conceitos em cenários variados, favorecendo a experimentação e a adaptação dinâmica das propostas. Além disso, o modelo estimula a interação coletiva, proporcionando um ambiente colaborativo no qual diferentes perspectivas contribuem para o aprimoramento das soluções.

Por fim, em síntese, a adoção de uma estratégia sustentável, embasada na biomimética, revela-se como um movimento transformador que conecta a inspiração na natureza às práticas organizacionais de forma profunda e inovadora. Ao incorporar metodologias top-down e bottom-up, bem como frameworks como TPIB, DesignLens e Nature Cards, as empresas conseguem estruturar processos criativos que vão além da mera adaptação de modelos de negócio, promovendo um realinhamento cultural em todos os níveis — do desenvolvimento

de produtos e serviços à gestão de equipes interdisciplinares. Essa integração estratégica, ao mesmo tempo sistemática e exploratória, assegura que os princípios naturais sejam não apenas estudados, mas efetivamente aplicados, resultando em inovações que reforçam a resiliência, a eficiência de recursos e o valor socioambiental das soluções propostas. Assim, o modelo de negócio biomimético não apenas gera valor financeiro por meio de produtos diferenciados e processos otimizados, mas também consolida uma visão mais abrangente de sustentabilidade, permeando toda a estrutura da organização e contribuindo para a criação de benefícios tangíveis — e duradouros — para a sociedade e o planeta.

3.4.1 As estratégias da *HoneybeeCapital*

É valioso, para tanto, ilustrar uma aplicação biomimética nesse contexto, um estudo de caso escrito por Collins (2020), cuja obra entrelaça a biomimética e o modelo de negócio da *HoneybeeCapital*, exemplifica uma empresa, que opera no segmento de gestão de investimentos, focando na administração de ativos financeiros, cuja metodologia biomimética produz seus portfólios, no caso suas estratégias.

Primeiramente, as motivações da autora incluíram aspectos como a inadequação dos modelos econômicos tradicionais, que se baseiam em premissas mecânicas e desconexas da realidade, como o conceito de "*ceteris paribus*" (do latim "tudo o mais constante"). Este conceito frequentemente leva à desconsideração das externalidades. De forma perspicaz, a autora percebeu que esses modelos tradicionais ignoram a complexidade e a interconectividade do mundo real, bem como as realidades problemáticas que nele existem.

Ainda, sobre isso, tais modelos baseiam-se em suposições limitadas e fórmulas matemáticas que tratam o mercado financeiro como uma máquina previsível e linear. Tentam prever o comportamento do mercado com base em um conjunto restrito de variáveis e suposições fixas, como taxas de juros, níveis de inflação e crescimento econômico. No entanto, essa abordagem falha em capturar a dinamicidade e a imprevisibilidade inerentes ao mercado financeiro, além de negligenciar os fatores externos que influenciam o comportamento econômico.

Em outras palavras, por essa abordagem ignorar a variabilidade do mundo, fatores como comportamento dos investidores, mudanças rápidas nas condições econômicas e sociais, e

eventos inesperados (como pandemias e desastres naturais) podem ter impactos significativos e não lineares e não são considerados.

Por outro lado, decisões foram guiadas por sua filosofia pessoal e valores, no caso a Caterine Collins é uma liderança ativa em toda a empresa. Ela acredita que os investimentos devem refletir uma visão mais ampla de bem-estar e prosperidade, incorporando práticas que beneficiem não apenas os investidores, mas também a sociedade como um todo. A autora encontrou nas abelhas e na maneira como elas tomam decisões coletivas de forma eficaz e sustentável. As abelhas exemplificam a eficiência de recursos, a comunicação aberta e a resiliência – princípios que ela buscou incorporar em sua empresa de investimentos. Sobre isso, ela afirma:

Inspirada pelos métodos das abelhas, mudei a forma como abordo o investimento, focando em uma estratégia que valorize mais a abertura, a conexão com o mundo real e uma forte adesão aos princípios éticos, refletindo a essência da tomada de decisão coletiva nas colmeias (Collins, 2020, p.8, tradução nossa).

A autora fez uma divisão em três partes para estruturar de forma lógica a apresentação da modelagem de negócio da sua empresa. Cada parte tem um propósito específico na construção do argumento biomimético e na facilitação do entendimento sobre como os processos naturais podem informar e transformar práticas de investimento.

A primeira parte, denominada “Preparando o terreno”, cuja finalidade é estabelecimento da base teórica, filosófica e ética da empresa, para o envolvimento e preparação de sua equipe, bem como dos investidores, fundamentais para a mudança de paradigma em investimentos.

Ainda nessa parte, o modo como as abelhas gerenciam recursos e tomam decisões é usado para demonstrar como a eficiência e a sustentabilidade podem ser alcançadas simultaneamente. Collins (2020) argumenta que, assim como as abelhas, os investidores podem buscar otimizar seus portfólios não apenas em termos de retorno financeiro, mas também em termos de impacto ambiental e social, promovendo um modelo de investimento que é tanto rentável quanto benéfico para a sociedade.

Com base na ordem sequencial do processo de tomada de decisão das abelhas e a analogia para as transformações específicas necessárias para realinhar a prática de investimento com os princípios de biomimética. O Quadro 9 mostra, incluindo uma descrição detalhada das ações e dos benefícios em cada etapa, a mudança lógica, partindo das abelhas,

para uma mentalidade nos critérios da escolha de investimentos adotado pela *HoneyBeeCapital*:

Quadro 9: Realinhamento das práticas de investimento da HoneyBeeCapital

Etapa no Processo das Abelhas	Comportamento das Abelhas	Aplicação no Investimento	Descrição da Aplicação	Benefícios Potenciais
Descreve cada fase do comportamento coletivo das abelhas na escolha de um novo lar, que serve de modelo para estratégias de investimento.	Detalha as ações específicas das abelhas que são diretamente aplicáveis ao processo de investimento.	Identifica a prática correspondente no mundo dos investimentos que reflete o comportamento das abelhas.	Fornece uma explicação de como essa prática é implementada no processo de investimento.	Destaca os benefícios que cada prática de investimento traz, tanto em termos de resultados de investimento quanto de alinhamento biomimético.
Exploração Independente	Abelhas exploradoras buscam locais potenciais e avaliam individualmente com base em critérios específicos.	Coleta de Dados e Análise Independente	Investidores buscam e analisam informações de forma autônoma para evitar vieses.	Aumenta a profundidade e precisão da análise de mercado, promove descobertas inovadoras.
Compartilhamento de Informações	Abelhas retornam à colmeia e comunicam suas descobertas por meio de danças específicas que indicam direção e qualidade do local.	Compartilhamento e Validação de Informações	Compartilhamento das descobertas com outros profissionais para validação cruzada.	Enriquece a análise com novas perspectivas e valida conclusões, minimiza o risco de erros.
Validação e Consenso	Outras abelhas verificam as informações, visitando os locais recomendados e formando um consenso.	Consenso e Diversificação de Portfólio	Discussão em grupo para alcançar consenso e formar um portfólio diversificado.	Minimiza riscos e melhora a balanceamento do portfólio, promove a governança coletiva.
Decisão Final e Ação Coletiva	Uma vez alcançado o consenso, todas as abelhas se preparam coletivamente para se mudar para o novo local.	Flexibilidade e Adaptação	Decisões finais flexíveis que permitem adaptações rápidas às mudanças do mercado.	Permite resposta rápida a mudanças, protegendo e potencializando retornos, promove a resiliência.

Fonte: Collins (2020)

A segunda parte, “Enraizando o Investimento: Seis Transformações”, Collins (2020) detalha cada uma das seis transformações propostas, as quais visam mudar um aspecto fundamental da maneira como os investimentos são tradicionalmente escolhidos, sugerindo mudanças de paradigmas para as características em que a natureza opera. A saída de um estado comum, para o alcance de uma transformação de como os sistemas biológicos operam, no caso, o modo como as abelhas constrói seu próprio sistema de decisões. Essa parte é crucial para descrever o "como" dos processos, ou seja, como implementar as estratégias sustentáveis da biomimética no dia a dia dos investimentos:

1. De Eficiente para Eficaz: tradicionalmente, a eficiência nos investimentos tem sido sinônimo de maximização do lucro a curto prazo. Collins (2020) sugere uma mudança para a eficácia, enfatizando resultados que são sustentáveis e benéficos a longo prazo. Esta transformação visa garantir que os investimentos contribuam positivamente para a sociedade e o meio ambiente, indo além do retorno financeiro imediato;
2. De Sintético para Simples: Collins (2020) critica a complexidade desnecessária dos produtos financeiros modernos, que muitas vezes ocultam riscos e custos. Ao simplificar esses produtos e serviços, os investidores podem tomar decisões mais informadas e transparentes, reduzindo a possibilidade de crises financeiras decorrentes de mal-entendidos e manipulações. Este exemplo destaca a necessidade de mover-se em direção a estratégias de investimento que são menos sobre a fabricação sintética e mais sobre a autenticidade e simplicidade;
3. De Maximizado para Otimizado: Collins (2020) sugere que, em vez de apenas tentar aumentar os lucros o máximo possível (maximização), os investimentos deveriam buscar um equilíbrio saudável entre bons retornos financeiros e impactos positivos no mundo (otimização). Isso significa considerar como os investimentos podem beneficiar não só os acionistas, mas também a sociedade e o meio ambiente. Os investimentos devem também cuidar do bem-estar social e da saúde do planeta, não apenas dos lucros. Para investidores preocupados com o futuro do planeta e das próximas gerações, esses investimentos fazem mais sentido. Em vez de investir em uma empresa que ganha muito dinheiro, mas polui muito, a escolha seria em investir em empresas que ainda são lucrativas, mas também ajudam a comunidade e protegem o meio ambiente; e

4. De Desconectado para Reconnectado: Collins (2020) argumenta que muitos investimentos são feitos de forma "desconectada", sem considerar seu impacto mais amplo no mundo. Investimentos tradicionais frequentemente ignoram como eles afetam as comunidades, o meio ambiente e a sociedade como um todo. Ela sugere que os investimentos devem ser "reconectados", ou seja, devem ser feitos com uma consciência dos seus efeitos nos sistemas sociais e ambientais. Investimentos devem levar em conta esses impactos, visando não apenas o retorno financeiro, mas também beneficiar ou pelo menos não prejudicar a sociedade e o meio ambiente. Em outras palavras, investir em empresas que desenvolvem inovação social e ambiental; e
5. De Mecânico para Consciente: Esta transformação foca na mudança de uma abordagem mecânica, onde as decisões são tomadas com base apenas em modelos e números, para uma mais consciente, onde as nuances, contextos e consequências de longo prazo são considerados, na qual as decisões de investimento consideram fatores éticos, sociais e de sustentabilidade, além dos puramente financeiros. Em vez de escolher ações baseadas apenas em seu potencial de retorno financeiro calculado por modelos preditivos, incluir uma análise do comportamento ético das empresas, suas políticas de sustentabilidade e seu impacto na comunidade; e
6. De Estático para Dinâmico: Collins (2020) é contra uma abordagem estática de investimento, onde as estratégias e portfólios são fixos e inflexíveis frente às mudanças do mercado ou novas informações. Em contraste, ela propõe uma abordagem dinâmica, que permite adaptações rápidas e eficientes em resposta a novos dados e circunstâncias. Propõe-se que os portfólios sejam geridos de maneira ativa, com ajustes frequentes baseados em análises contínuas do mercado e considerações externas, como mudanças tecnológicas, tendências socioeconômicas ou impactos ambientais.

Na parte 3, "Cultivo e Cuidado", Collins (2020) a autora enfatiza que as abelhas e seu processo de tomadas de decisão não são analogias fugazes, mas foi importante para a sua mudança de mentalidade e de um sistema de decisões de investimentos, em que as seis transformações são vistas como etapas essenciais para reivindicar e promover o fluxo biomimético nos investimentos, movendo todo o sistema tradicional de frágil para resiliente, de extrativo para regenerativo e de desconectado para reconnectado.

A primeira diretriz essencial envolve a replicação do que funciona, observando estratégias de investimento que já demonstraram resiliência e mantendo elementos comprovadamente eficazes ao longo do tempo. Além disso, a autora enfatiza a necessidade de integrar o inesperado, permitindo que os modelos financeiros evoluam com a inclusão de novas variáveis, de forma análoga à adaptação dos sistemas biológicos.

Outro princípio relevante é a reorganização da informação, inspirado na recombinação genética observada na natureza, permitindo que os modelos financeiros ajustem continuamente seus dados e recursos. A construção modular e estruturada também é um aspecto central, pois, assim como organismos naturais como corais e polvos organizam seu crescimento de forma escalável, os investimentos devem ser planejados para ajustes graduais e flexíveis. Complementarmente, Collins (2020) sugere a adoção de sistemas descentralizados e autogeridos, inspirados na organização coletiva de colônias de formigas e abelhas, promovendo autonomia e autorregulação dentro das estratégias de investimento.

Dessa forma, a *HoneyBeeCapital* se consolidou como uma empresa de desenvolvimento de portfólios dedicada à "polinização" de ideias que reconectam o investimento ao mundo real. É uma manifestação do compromisso de Collins (2020) em integrar sua filosofia e seus valores éticos com um espectro mais amplo do mundo, sem dúvidas, faz dela uma empreendedora biomimética, ao promover uma solução de uma problemática através do design. Nesse sentido, o caso apresentado trata-se como um novo modelo de negócio no campo dos investimentos, onde a ênfase não está apenas no lucro, mas na criação de um valor sustentável e na manutenção da saúde dos ecossistemas econômicos e naturais.

3.5 MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL E TRANSPARÊNCIA

Szekely e Dossa (2017), aborda a problemática da mensuração do desempenho sustentável nas organizações, destacando a complexidade de medir os impactos ambientais, sociais e econômicos das empresas. A avaliação tradicional dessas externalidades utiliza métricas distintas e não comparáveis, como toneladas de CO₂ emitido ou litros de água consumidos, dificultando uma visão integrada do desempenho sustentável (Szekely; Dossa, 2017).

Os autores defendem um conjunto ações para a formulação do processo de mensuração da sustentabilidade. São elas:

1. O desenvolvimento de Indicadores de Performance (KPIs) que integrem uma análise de entrada e saída, permitindo que as empresas compreendam seus impactos diretos sobre os *stakeholders* e não apenas meçam externalidades isoladas. Diferentemente das métricas financeiras tradicionais, esses indicadores devem ser formulados de maneira comprehensível para os diferentes públicos envolvidos no ecossistema organizacional. Inclusive, os autores destacam a importância dessa colaboração na própria definição de parâmetros para avaliação do desempenho sustentável. A cocriação de métricas, baseada em um diálogo contínuo entre organizações e partes interessadas, favorece uma maior legitimidade dos processos de mensuração (Szekely; Dossa, 2017);
2. A ampliação da mensuração para além dos impactos diretos, incorporando também os impactos secundários e terciários ao longo da cadeia de valor da empresa. No setor financeiro, por exemplo, a avaliação da sustentabilidade deve considerar não apenas as emissões diretas de carbono, mas também os impactos indiretos de empréstimos e investimentos que financiam atividades potencialmente prejudiciais ao meio ambiente (Szekely; Dossa, 2017);
3. A mensuração não deve se limitar à mitigação de impactos negativos, mas também mensurem suas contribuições positivas. Esse modelo orienta as empresas a desenvolverem estratégias ativas para regeneração ambiental e desenvolvimento social, em vez de se restringirem à mera redução de danos. Isso evidencia uma mensuração integrada, de forma social, ambiental e econômico devem ser avaliados reconhecendo as interconexões entre os diferentes fatores que influenciam a sustentabilidade organizacional. Um exemplo citado pelos autores refere-se à gestão de recursos hídricos: ao invés de apenas minimizar o consumo de água, uma empresa pode implementar iniciativas de revitalização de ecossistemas hídricos, promovendo impactos positivos concretos (Szekely; Dossa, 2017); e
4. O envolvimento ativo dos *stakeholders* na avaliação da performance organizacional é bastante evidente e necessário. Em vez de apenas relatar indicadores internos, as empresas devem incentivar a participação de diferentes grupos sociais na mensuração da sustentabilidade, por meio de sistemas de avaliação colaborativa. Uma proposta apresentada pelos autores envolve a adoção de um sistema de

classificação no qual os *stakeholders* atribuem notas ao desempenho da empresa em relação a critérios sustentáveis específicos, promovendo maior transparência e confiabilidade nos processos de medição (Szekely; Dossa, 2017).

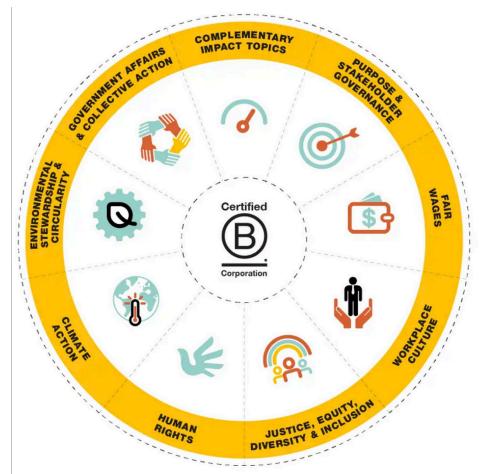
Nesse contexto, algumas iniciativas têm se destacado no cenário empresarial e sustentável, como é o caso da certificação B CORP, que busca incentivar às organizações adotarem um modelo de negócio que mede e gerencia impacto de forma integrada, garantindo que a empresa considere o impacto de suas decisões em todas as partes interessadas, e não apenas nos acionistas, corroborando com o modelo de mensuração de Szekely e Dossa (2017).

Em outras palavras, a certificação B Corp (Figura 56) estabelece um conjunto de requisitos de desempenho e compromissos legais que as empresas devem seguir para se tornarem certificadas. Entre esses requisitos, destacam-se a publicação obrigatória de indicadores de impacto socioambiental, a auditoria de terceiros e a exigência de mecanismos internos de governança que assegurem a consideração de stakeholders (B Corp, 2024).

Segundo Szekely e Dossa (2017), a transparência é um dos pilares centrais para a credibilidade dos modelos sustentáveis, pois reduz a assimetria informacional entre empresas e sociedade. No contexto da B Corp, a transparência não se limita à divulgação de relatórios de impacto, mas também envolve a incorporação de feedbacks de stakeholders no processo de melhoria contínua.

O objetivo principal da certificação é a criação de um modelo padronizado contendo métricas de mensuração que podem ser desenvolvidos desde startups às multinacionais. Esses padrões foram desenvolvidos para serem adaptáveis ao contexto de cada organização, considerando fatores como país, setor, localização e indústria. Isso inclui subrequisitos diferenciados e orientações específicas para auxiliar na implementação conforme o contexto da empresa.

Figura 56: Metodologia B Corp



Fonte: B Corp (2024)

Os padrões propostos são divididos em Requisitos Fundamentais e Requisitos de Desempenho, além dos principais instrumentos de *accountability* adotados pelo modelo B Corp, destacam-se os Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs), cada um com objetivos e critérios específicos, conforme visualizado no Quadro 10:

Quadro 10: Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs)

Requisitos Fundamentais Análise de Elgibilidade de uma empresa	Requisitos de Elegibilidade: Esteja legalmente constituída, operando há pelo menos 12 meses; não atue em setores ou práticas que contrariem a missão do movimento B Corp; aja de acordo com as leis aplicáveis; comprometa-se a não fornecer informações falsas à B Lab; e concorde em ser transparente em seu desempenho de certificação por meio de um Perfil Público de B Corp.
	Requisitos Legais: Comprometa-se a adotar um modelo de governança que considere os interesses de todas as partes interessadas e assine a Declaração de Interdependência da B Lab.
	Avaliação de Riscos: Passe por uma avaliação para identificar potenciais impactos negativos associados às suas operações ou setor.

	<p>Avaliação do Modelo de Negócio de Impacto: Analise como seu modelo de negócio pode gerar impactos sociais e ambientais positivos específicos.</p>
	<p>Propósito e Governança de Stakeholders: A empresa deve operar com um propósito definido que contribua para um sistema econômico inclusivo, equitativo e regenerativo, incorporando a governança de stakeholders em suas decisões.</p> <p>KPIs:</p> <p>Percentual de decisões estratégicas que consideram o impacto em stakeholders.</p> <p>Existência de políticas formais que integrem interesses de stakeholders.</p>
<p>Requisitos de Desempenho</p> <p>Definem as ações que uma empresa deve implementar e aprimorar continuamente para obter e manter a Certificação B Corp, bem como permite que as empresas demonstrem suas conquistas de maneira transparente e seu desempenho será comunicado publicamente, promovendo transparência e incentivando a melhoria contínua.</p>	<p>Cultura Organizacional: Promover uma cultura positiva no ambiente de trabalho, incentivando o diálogo significativo entre os trabalhadores e a empresa.</p> <p>KPIs:</p> <p>Índice de satisfação dos funcionários.</p> <p>Taxa de retenção de talentos.</p> <p>Número de iniciativas de engajamento dos funcionários.</p>
	<p>Salários Dignos: Garantir que os trabalhadores recebam salários que proporcionem um padrão de vida digno e promovam a igualdade salarial.</p> <p>KPIs:</p> <p>Percentual de funcionários recebendo acima do salário-mínimo local.</p> <p>Relação entre o menor e o maior salário na empresa.</p>
	<p>Justiça, Equidade, Diversidade e Inclusão: Fomentar ambientes de trabalho inclusivos e diversos, contribuindo para comunidades justas e equitativas.</p> <p>KPIs:</p> <p>Diversidade de gênero, raça e etnia entre os funcionários e na liderança.</p>

	<p>Número de programas de treinamento em diversidade e inclusão.</p>
	<p>Direitos Humanos: Tratar todas as pessoas com dignidade e respeitar seus direitos humanos em todas as operações e na cadeia de valor.</p> <p>KPIs:</p> <p>Número de auditorias de direitos humanos realizadas na cadeia de suprimentos.</p> <p>Incidentes relatados de violações de direitos humanos e ações corretivas implementadas.</p>
	<p>Gestão Ambiental e Circularidade: Demonstrar responsabilidade ambiental e contribuir para a economia circular, minimizando impactos negativos e buscando impactos positivos.</p> <p>KPIs:</p> <p>Percentual de resíduos reciclados ou reutilizados.</p> <p>Consumo de água por unidade de produção.</p> <p>Uso de materiais reciclados ou sustentáveis nos produtos.</p>
	<p>Ação Climática: Tomar medidas alinhadas com a ciência para combater as mudanças climáticas e seus impactos.</p> <p>KPIs:</p> <p>Emissões totais de gases de efeito estufa (GEE).</p> <p>Redução percentual anual nas emissões de GEE.</p> <p>Investimentos em projetos de energia renovável.</p>
	<p>Assuntos Governamentais e Ação Coletiva: Assumir um papel de liderança na promoção de soluções e na implementação de práticas que visem uma economia equitativa, inclusiva e regenerativa.</p> <p>KPIs:</p> <p>Participação em iniciativas ou coalizões de sustentabilidade.</p>

	<p>Contribuições para políticas públicas que promovam a sustentabilidade.</p> <p>Tópicos de Impacto Complementares: Identificar e mensurar um conjunto mais amplo de impactos do negócio, além dos tópicos principais, e melhorar continuamente nesses aspectos.</p> <p>KPIs:</p> <p>Métricas específicas relacionadas ao impacto positivo do modelo de negócio.</p> <p>Iniciativas adicionais que promovam benefícios sociais ou ambientais.</p>
--	---

Fonte: B Corp (2024)

A mensuração do desempenho sustentável é um desafio que exige a adoção de métricas intersetoriais e comparáveis, conforme argumentam Szekely e Dossa (2017). Nesse sentido, o modelo B Corp busca estabelecer padrões comuns de avaliação, permitindo benchmarking entre empresas de diferentes setores.

Um aspecto crítico abordado por Szekely e Dossa (2017) é a necessidade de envolver os stakeholders na definição dos indicadores de desempenho. A certificação B Corp responde a essa demanda ao estabelecer um sistema de cocriação de métricas, no qual comunidades, investidores e trabalhadores podem contribuir para a formação dos critérios de mensuração (B Corp, 2024).

A participação ativa dos stakeholders amplia a legitimidade dos processos de mensuração e reduz o risco de práticas de *greenwashing*. Esse mecanismo também permite que a transparência se traduza em melhorias concretas na gestão organizacional (Szekely; Dossa, 2017).

Como alternativa, a biomimética pode estruturar a transparência organizacional, também baseada nos princípios da eficiência, resiliência e proeminência, amplamente observados nos ecossistemas naturais. Esse modelo pode ser compreendido a partir de analogias ecológicas, nas quais os organismos ajustam seus mecanismos de comunicação, gestão de recursos e adaptação para garantir sua sobrevivência e equilíbrio sistêmico (Finkenstadt; Eapen, 2025).

No contexto da transparência organizacional, a eficiência informacional pode ser analisada sob a ótica dos ciclos biogeoquímicos dos ecossistemas, nos quais a transmissão e o fluxo de nutrientes ocorrem de forma otimizada, garantindo que os recursos sejam distribuídos e utilizados sem desperdícios (Vincent *et al.*, 2006).

Da mesma forma, empresas devem estruturar seus processos de prestação de contas considerando o equilíbrio entre acesso à informação e minimização de redundâncias, evitando sobrecarga de dados que comprometa a compreensão dos stakeholders. O conceito de eficiência da transparência remete, assim, à criação de mecanismos estruturados de compartilhamento de informações, inspirados nos fluxos de energia em ecossistemas resilientes. Um exemplo dessa aplicação é a adoção de plataformas digitais baseadas em inteligência artificial para a disseminação de relatórios ESG, permitindo um monitoramento contínuo dos indicadores de sustentabilidade sem comprometer a clareza e a acessibilidade dos dados (Eapen; Finkenstadt, 2023).

A segunda dimensão para transparência diz respeito à resiliência organizacional, que pode ser analisada a partir da homeostase biológica e dos mecanismos de autorregulação presentes em sistemas naturais. Ecossistemas altamente resilientes, como florestas tropicais e recifes de coral, utilizam redes interconectadas para garantir a adaptação contínua a choques externos, como mudanças climáticas e distúrbios ambientais (Clements-Croome, 2013).

Esse princípio pode ser aplicado à transparência organizacional por meio da criação de mecanismos descentralizados de auditoria e rastreabilidade, garantindo que a confiabilidade das informações seja mantida mesmo em contextos de crise. A adoção de tecnologias como o *blockchain* bioinspirado, que funciona como um sistema de registro distribuído e imutável, assemelha-se aos processos de comunicação entre colônias de insetos, nos quais a integridade da informação é preservada por meio de múltiplos pontos de verificação independentes (Dorigo; Stützle, 2019).

Assim, empresas que estruturam suas práticas de governança com base nesses princípios desenvolvem maior resiliência à volatilidade dos mercados e aumentam a confiança de seus stakeholders ao longo do tempo.

Por fim, a proeminência da transparência organizacional pode ser compreendida a partir dos mecanismos de sinalização adaptativa observados na biologia. Muitos organismos utilizam estratégias para modular sua visibilidade dentro do ecossistema, seja para evitar predadores, atrair parceiros ou estabelecer territórios (Harkness *et. al*, 2004).

Essa lógica se aplica à transparência corporativa na medida em que as empresas precisam controlar estratégicamente sua exposição, maximizando a confiança pública sem comprometer sua posição competitiva. Em um ambiente de mercado cada vez mais sensível às questões socioambientais, organizações que utilizam a transparência de maneira inteligente podem se diferenciar positivamente, estabelecendo-se como referências em sustentabilidade.

No entanto, essa exposição deve ser calibrada com base em critérios estratégicos, evitando a superexposição que pode gerar vulnerabilidades comerciais. Assim como algumas espécies utilizam camuflagem para equilibrar sua presença no ecossistema, empresas podem empregar transparência seletiva, garantindo que as informações divulgadas sejam suficientes para construir reputação, com proteção aos concorrentes. Exemplos dessa abordagem incluem a divulgação progressiva de metas ambientais, na qual empresas ajustam sua comunicação de acordo com a resposta do mercado e as exigências regulatórias, garantindo um alinhamento estratégico sustentável (Finkenstadt; Eapen, 2025).

O Quadro 11 mostra diferentes exemplos de modelos de transparência e respectivas analogias que podem ser adotadas como prática organizacionais com base na biomimética.

Quadro 11: Exemplos de Práticas Organizacionais com base em princípios biomiméticos

Fator	Analogia	Estratégia	Prática Organizacional
Eficiência Informacional	Ciclos de nutrientes em ecossistemas	Redução de ruído informacional e estruturação eficiente de dados	Relatórios estruturados como economia circular da informação
Resiliência da Transparência	Homeostase biológica e redes ecológicas	Mecanismos de feedback, rastreabilidade e descentralização	Blockchain sustentável e auditorias contínuas baseadas em governança adaptativa
Sinalização Adaptativa e	Sinalização adaptativa (aposematismo, mimetismo)	Visibilidade calibrada e transparência estratégica	Divulgação controlada e diferenciação competitiva baseada em informações sustentáveis

Transparência Seletiva	Camuflagem	Proteção contra concorrência e construir reputação estratégica	Divulgação progressiva de metas ambientais, sem evidenciar “segredos estratégicos”, tais como futuros lançamentos, novos materiais.
-------------------------------	------------	--	---

Fonte: Adaptado de Clements-Croome (2013), Eapen; Finkenstadt (2023); Dorigo; Stützle(2019); Harkness (2004); Benyus, (1997).

A complexa tarefa de mensurar o desempenho sustentável e garantir a transparência nas organizações, conforme abordado por Szekely e Dossa (2017), exige uma mudança de paradigma. A empresa não pode mais se limitar a métricas isoladas e estanques. É fundamental adotar essa abordagem comunicativa, integrada, sob as dimensões ambiental, social e econômica, e que se baseie no diálogo e na colaboração com os stakeholders.

A certificação B Corp, com seus rigorosos padrões e abrangentes KPIs, representa um avanço significativo nesse sentido. Ao estabelecer um modelo de mensuração padronizado e adaptável a diferentes contextos, a B Corp permite que empresas de todos os portes e setores avaliem seu desempenho de forma integrada e transparente. Sem dúvidas, incorpora diversas empresas *benchmarks*, as quais contribuem para que essas práticas sejam cada vez mais expandidas.

Do ponto de vista biomimético, conforme explorado neste estudo, a eficiência informacional, a resiliência da transparência e a sinalização adaptativa são conceitos-chave que podem ser aplicados à gestão da transparência organizacional. Ao adotar uma abordagem biomimética, a empresa pode construir sistemas de comunicação mais eficientes, resilientes e estratégicos, que lhe permitam navegar com sucesso no complexo cenário da sustentabilidade.

Por fim, trata-se de um cenário em adaptação, mas promissor, para além de um requisito normativo, constituindo um elemento essencial para a perenidade e a legitimidade das organizações.

3.6 ESCALABILIDADE E INOVAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE

A inovação em sustentabilidade se insere como um elemento central na discussão sobre escalabilidade em modelos organizacionais comprometidos com valores socioambientais. Diferentemente das inovações convencionais, a inovação sustentável demanda uma abordagem diferente, na qual a transformação estrutural e o alinhamento estratégico com princípios éticos desempenham um papel essencial (Szekely; Dossa, 2017).

Assim, a inovação sustentável não apenas impulsiona mudanças em processos produtivos, mas também redefine a lógica organizacional ao integrar novos modelos de negócio que promovem impacto positivo de longo prazo.

A necessidade de atrair investidores e ampliar a atuação no mercado pode comprometer a integridade dos princípios sustentáveis, resultando em concessões que enfraquecem a missão organizacional. Além disso, a incorporação de novos colaboradores e a adaptação a diferentes contextos podem gerar desafios culturais e operacionais, dificultando a preservação da identidade sustentável da empresa.

Um dos principais desafios nesse processo é a relação com investidores, conforme os autores. A entrada de capital externo pode comprometer os valores organizacionais se os investidores não compartilharem a mesma visão de longo prazo para a sustentabilidade. Para mitigar esse risco, os autores sugerem que empresas sustentáveis priorizem parcerias estratégicas alinhadas a seus princípios, mesmo que isso implique restrições financeiras ou uma expansão mais gradual.

Szekely e Dossa (2017) afirmam que para evitar que o crescimento comprometa a qualidade e o impacto positivo das iniciativas já implementadas, a expansão deve ser conduzida de maneira estratégica e gradual. Isso significa consolidar o atendimento aos stakeholders atuais antes de buscar novos mercados, mitigando riscos de fragmentação ou perda de propósito. Além disso, a resiliência organizacional é um elemento essencial na escalabilidade sustentável, pois um crescimento desordenado pode tornar a empresa vulnerável a crises que comprometam seus objetivos socioambientais.

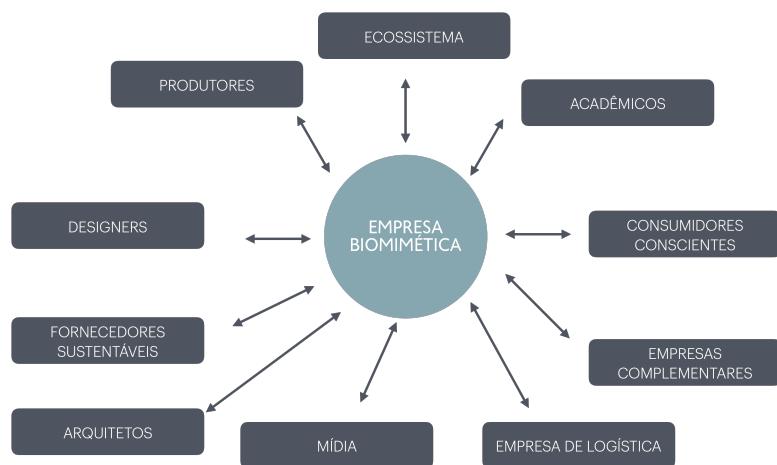
No contexto dos modelos de negócios biomiméticos, a escalabilidade apresenta desafios adicionais. Tecnologias, materiais e estruturas de pesquisa e desenvolvimento (P&D), muitas vezes concebidas sob abordagens *bottom-up*, exigem investimentos substanciais. Assim, empresas nascentes frequentemente recorrem a rodadas de financiamento que podem

introduzir objetivos de retorno incompatíveis com sua missão original. Algumas iniciativas, como o *Ray of Hope Accelerator*, promovido pelo *Biomimicry Institute*, oferecem um modelo alternativo, no qual startups biomiméticas recebem apoio financeiro e mentoria de investidores alinhados com princípios de sustentabilidade. No entanto, tais programas ainda são escassos e insuficientes para suprir a demanda por investimentos sustentáveis em larga escala.

A esse respeito, a teoria *Design-Driven Innovation* (DDI), proposta por Verganti (2009), apresenta uma abordagem pertinente à escalabilidade dos modelos biomiméticos. A inovação, segundo Verganti, não deve ser concebida como uma resposta direta às necessidades do mercado, mas sim como a proposição de novos significados por meio de redes estratégicas de conhecimento. Essa lógica se alinha ao desenvolvimento de modelos biomiméticos, uma vez que a escalabilidade desses negócios não deve seguir uma lógica linear ou puramente econômica, mas sim estruturar-se de forma orgânica, baseada na interdependência e na construção de redes colaborativas.

Verganti (2009) enfatiza que a inovação de significado não ocorre isoladamente, mas através da interação entre agentes estratégicos (exemplo hipotético, Figura 57) – acadêmicos, designers, cientistas e empresários, empresas não diretamente correntes, mas complementar (como uma empresa de moda que utiliza biomaterial em substituição ao couro animal), que contribuem para a formulação e disseminação de novas visões. Esse modelo dialoga diretamente com a necessidade de estruturar a escalabilidade dos modelos biomiméticos em redes interdependentes, inspiradas nos princípios da natureza.

Figura 57: Exemplo hipotético de agentes estratégicos



Fonte: Adaptado de Verganti (2009)

Benyus (2002), ao destacar a importância de "funcionar com informação", reforça essa perspectiva, argumentando que sistemas naturais operam por meio de fluxos descentralizados de conhecimento, permitindo ajustes contínuos sem rupturas abruptas. Esse princípio pode ser aplicado à governança e expansão das organizações biomiméticas, sugerindo que sua escalabilidade deve ocorrer por meio de redes inteligentes de conhecimento e práticas compartilhadas, garantindo a manutenção dos compromissos sustentáveis ao longo do crescimento.

A criação de uma rede de intérpretes, conforme a lógica proposta por Verganti (2009), torna-se um elemento-chave nesse processo. Empresas biomiméticas não devem apenas interagir com os atores do mercado, mas sim construir um ecossistema de inovação que envolva parceiros estratégicos comprometidos com os mesmos valores. Esse ecossistema, inspirado na simbiose e na interdependência ecológica, complementa Benyus (2002), deve incluir pesquisadores, investidores de impacto e formuladores de políticas, garantindo a evolução sustentável dos negócios.

A interpretação e a ressignificação contínua dos conceitos de sustentabilidade e inovação também desempenham um papel central na escalabilidade biomimética. Isso exige a adoção de perspectivas interdisciplinares que combinem conhecimentos de biologia, design estratégico e economia circular. Para garantir essa adaptação contínua, as organizações devem contar com intérpretes qualificados que possam integrar novas abordagens ao longo da evolução do modelo de negócios, assegurando sua relevância em diferentes contextos.

A disseminação da biomimética como abordagem estratégica ocorre, portanto, por meio da influência das empresas biomiméticas sobre mercados, reguladores e consumidores. A construção de uma cultura organizacional voltada ao compartilhamento de conhecimento, aliada ao incentivo a práticas educativas e de engajamento, fortalece o impacto e a legitimidade dessas iniciativas. Szekely e Dossa (2017) destacam que redes colaborativas são fundamentais para a consolidação de modelos sustentáveis no meio empresarial.

Por fim, a expansão dos modelos biomiméticos deve seguir uma lógica modular e descentralizada, evitando a reprodução indiscriminada do modelo original. Verganti (2009) aponta que a inovação de significado não ocorre de maneira uniforme, mas se propaga por meio de redes flexíveis e atores estratégicos. Esse princípio ressoa com a reflexão de Benyus (2002), que alerta para os riscos da pressão por crescimento acelerado e maximização de

lucros, que frequentemente comprometem os valores sustentáveis. Assim, a metáfora de “não extrair mais do que a natureza pode repor” ilustra a necessidade de um crescimento organizacional equilibrado, alinhado à lógica da regeneração e da otimização, em contraponto ao paradigma da maximização de recursos.

Assim, a interseção entre escalabilidade e inovação sustentável revela a importância de uma abordagem integrada, na qual crescimento organizacional e impacto positivo sejam compatibilizados de forma estratégica. A partir da combinação das contribuições de Szekely e Dossa (2017), Verganti (2009) e Benyus (2002), evidencia-se que a expansão de modelos biomiméticos não deve seguir um modelo tradicional de crescimento acelerado, mas sim uma lógica evolutiva fundamentada na construção de redes colaborativas, na inovação de significado e na adaptação contínua. Dessa maneira, o crescimento sustentável ocorre não pela replicação indiscriminada de modelos preexistentes, mas pela evolução estratégica de soluções que emergem da interação entre diferentes agentes comprometidos com a sustentabilidade.

3.7 MODELO DE NEGÓCIOS BIOMIMÉTICO SISTEMATIZADO

A presente tese, ao longo de sua trajetória, buscou explorar a interseção entre a biomimética e os modelos de negócio, com o intuito de apresentar e evidenciar suas principais características. Este capítulo, em particular, delineou a transição da teoria para a prática, demonstrando como esses modelos efetivamente produzem um verdadeiro valor sustentável.

O foco central foi operacionalização da biomimética na estruturação de modelos de negócio, com ênfase na abordagem *Beyond the Triple Bottom Line (BTBL)*, sendo esta de grande importância dentro do contexto empresarial atual. As dimensões abordadas, em síntese, possibilitaram uma sistematização, entre as quais, destacam-se:

- A ancoragem da missão organizacional com valores biomiméticos mostra-se como um diferencial crucial para o êxito de modelos de negócios voltados à sustentabilidade. Esse posicionamento garante que a busca por soluções inovadoras mantenha alinhamento com os valores e propósitos fundamentais da organização, promovendo um impacto positivo que ultrapassa os resultados financeiros e se estende ao tecido social e ambiental;
- A visão de longo prazo, por sua vez, constitui o alicerce para a consolidação de modelos de negócios biomiméticos. Essas organizações se propõem a construir

empresas sustentáveis para si e para as próximas gerações. Trata-se de um compromisso que demanda investimentos em inovação, na capacidade de se adaptar continuamente às mudanças do mercado e a vigilância sistemática sobre os efeitos socioambientais de suas ações;

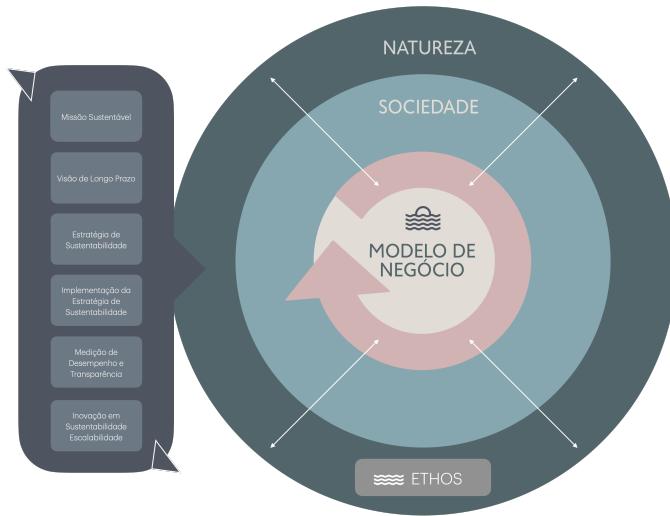
- No que diz respeito às estratégias de sustentabilidade e a sua implementação, constituem-se como ponte entre a missão biomimética e a visão de longo prazo. Trata-se de um conjunto de ações concretas, estruturadas e integradas em todas as áreas da organização, concebidas para assegurar a consecução de metas de sustentabilidade de maneira coerente e efetiva;
- As metodologias de design biomimético abordadas ao longo deste capítulo, *top-down e bottom-up*, oferece um percurso sistemático, principalmente, na produção de inovações, sejam elas de produtos ou serviços, bem como na própria estrutura organizacional empresarial. A convergência de diferentes perspectivas e saberes permite que as empresas elaborem soluções inovadoras capazes de responder simultaneamente às exigências do mercado e aos desafios impostos pela sustentabilidade;
- A mensuração do desempenho sustentável e a transparência são aspectos decisivos para atestar a credibilidade e maximizar o impacto positivo dos modelos de negócios biomiméticos. Ao adotar indicadores abrangentes e processos de divulgação claros, as organizações podem evidenciar seu comprometimento com a responsabilidade socioambiental, além de engajar seus diversos públicos na construção conjunta de um futuro mais justo e equilibrado; e
- A escalabilidade, como se depreende, constitui um desafio particular para modelos de negócios biomiméticos. Todavia, ao buscar uma abordagem estratégica e colaborativa, as empresas podem crescer de maneira sustentável, preservando seus valores fundamentais. Nesse sentido, a formação de redes de intérpretes que disseminam seus valores, configura instrumentos primordiais para superar as barreiras à escalabilidade, principalmente, financeira, além de promover a expansão de modelos bem-sucedidos em maior escala.

A partir desse cenário descrito, bem como da fundamentação teórica, o estudo e sistematização da biomimética sob a ótica de um modelo de negócio sustentável, representa uma ilustração gráfica de um modelo adequado ao contexto estudado.

A Figura 48 apresenta o modelo de negócios biomimético, estruturado em três níveis concêntricos:

1. Modelo de Negócio: representa o núcleo da organização, onde estratégias e operações são desenvolvidas;
2. Sociedade: indica que o modelo de negócio deve estar inserido em um contexto social, com impactos que vão além da própria empresa; e
3. Natureza: reforça que a sustentabilidade deve estar alinhada aos sistemas naturais, reconhecendo a interdependência entre negócios, sociedade e meio ambiente.

Figura 58: O Modelo de Negócio Biomimético



Fonte: Elaborado pela autora

O *ethos* sugere que essa estrutura é guiada por princípios fundamentais, enquanto a coluna lateral descreve elementos essenciais para o modelo, como missão sustentável, visão de longo prazo, estratégia e implementação de sustentabilidade, medição de desempenho e inovação escalável. Cada um dessas dimensões se retroalimenta dentro do sistema, criando um ciclo contínuo tanto de aprendizado, como de adaptação.

Em suma, os modelos de negócios biomiméticos descontinham uma nova fronteira para a atuação empresarial. As organizações podem pavimentar um futuro mais sustentável tanto para si mesmas quanto para a sociedade em geral. Acredita-se, portanto, que a metodologia apresentada neste capítulo traçou um arcabouço promissor para essa construção.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente estudo investiga a aplicação da biomimética nos modelos de negócios das empresas Atelier Marko Brajovic, Tátil Design e Ross Lovegrove, utilizando a abordagem metodológica do estudo de caso múltiplo holístico, conforme Yin (2008). Esse método permite uma análise comparativa entre diferentes organizações, tratando cada uma como uma unidade de análise indivisível.

A justificativa para essa estratégia metodológica baseia-se na necessidade de explorar a biomimética organizacional em diferentes contextos, permitindo a replicação teórica, como proposto por Yin (2008). Essa abordagem possibilita testar se padrões comuns emergem entre os casos, identificando similaridades e diferenças na implementação da biomimética. Dessa forma, o estudo contribui para a compreensão do impacto e das possibilidades desse conceito na gestão sustentável contemporânea.

Foram empregadas múltiplas fontes de evidência para assegurar a confiabilidade das informações e fortalecer a interpretação dos dados. Essas fontes incluem:

- Documentação organizacional: relatórios corporativos, diretrizes estratégicas, publicações institucionais.
- Plataformas digitais e mídias sociais: entrevistas de lideranças, conferências e eventos públicos.
- Livros e referências teóricas sobre biomimética, as próprias empresas, sustentabilidade e modelos de negócios inovadores.

4.1 CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DOS CASOS

A seleção dos casos seguiu critérios metodológicos rigorosos para garantir a replicação teórica e a robustez das conclusões, conforme Yin (2008). Os casos foram escolhidos com base nos princípios estabelecidos pela ISO 18458:2015, que define os requisitos para classificar produtos e processos como biomiméticos. Segundo essa norma, um sistema biomimético deve atender aos seguintes critérios:

1. Análise funcional de um sistema biológico: identificação detalhada do funcionamento de um organismo ou sistema natural;

2. Abstração e modelagem: tradução dos princípios biológicos para um modelo aplicável no contexto organizacional; e
3. Transferência e aplicação: incorporação do modelo biomimético em produtos, processos ou estratégias empresariais.

Com base nesses critérios, as empresas selecionadas foram analisadas por sua capacidade de:

- Realizar análises sistemáticas de sistemas biológicos para extrair princípios relevantes;
- Traduzir esses princípios em modelos aplicáveis às suas práticas organizacionais; e
- Integrar a biomimética em soluções inovadoras, alinhando sustentabilidade e competitividade.

O Atelier Marko Brajovic foi escolhido como um caso paradigmático de empresa biomimética, enquanto a Tátil Design representa uma organização que, embora não seja integralmente biomimética, adota fundamentos dessa abordagem. Ross Lovegrove, por sua vez, exemplifica uma visão futurista da biomimética aplicada ao design e à inovação. A diversidade desses casos permite uma análise abrangente dos diferentes níveis de implementação da biomimética nos negócios.

Além disso, a seleção dos casos seguiu os princípios de validação externa sugeridos por Yin (2008), permitindo a generalização dos achados para um quadro teórico mais amplo.

4.2 CRITÉRIOS DE VALIDADE E CONFIABILIDADE

Para garantir a qualidade e a robustez metodológica do estudo, foram adotados os seguintes critérios de validade e confiabilidade, conforme Yin (2008):

Validade Construtiva:

- Utilização de múltiplas fontes de evidência, incluindo documentos institucionais, mídias digitais e entrevistas públicas;
- Triangulação dos dados, cruzando diferentes fontes para aumentar a confiabilidade das interpretações; e
- Estabelecimento de uma cadeia de evidências, garantindo a rastreabilidade das informações coletadas.

Validade Externa

- Replicação teórica, identificando padrões comuns entre os casos estudados; e

- Adoção da ISO 18458:2015 como critério de seleção, garantindo que os casos sejam representativos das práticas biomiméticas.

Confiabilidade

- Desenvolvimento de um protocolo de pesquisa, detalhando todas as etapas do estudo para permitir replicação futura; e
 - Registro sistemático da coleta de dados, garantindo transparência e reproducibilidade.
- Essas estratégias asseguram que os resultados da pesquisa sejam consistentes, confiáveis e aplicáveis a diferentes contextos organizacionais.

4.3 CRITÉRIOS DE ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados foi conduzida seguindo uma abordagem qualitativa estruturada, combinando:

- Análise de conteúdo de entrevistas online e materiais institucionais;
- Correspondência de padrões entre os princípios biomiméticos adotados e as diretrizes da ISO 18458:2015; e
- Síntese cruzada de casos, conforme Yin (2008), para identificar convergências e divergências entre as empresas analisadas.

Foram examinados materiais disponíveis em plataformas digitais, como conferências e entrevistas de CEOs e diretores, para compreender:

- A percepção dos líderes sobre biomimética e sua relevância estratégica;
- As estratégias organizacionais baseadas na biomimética e seus impactos nos modelos de negócios; e
- O papel da biomimética como diferencial competitivo, considerando inovação e sustentabilidade.

Os relatórios corporativos e documentos disponibilizados pelos multicasos foram analisados para mapear as estratégias organizacionais e os resultados alcançados, bem como coleta de dados de desempenho, transparência e informações relevantes ao estudo. Esses documentos ofereceram evidências qualitativas sobre a integração da biomimética em seus modelos de negócios.

4.4 CRITÉRIOS DE INVESTIGAÇÃO

A replicação teórica em estudos de caso múltiplos, conforme Yin (2008), exige a definição clara de critérios analíticos, permitindo a identificação de padrões convergentes e divergentes entre os casos estudados. A estrutura analítica do presente estudo foi delineada com base em princípios teóricos e referenciais metodológicos da biomimética organizacional, sustentados por autores como Benyus (2002), Capra (1996), Marcus et al. (2010), Dicks (2023, 2024), Szekely e Dossa (2017), entre outros, e diretrizes normativas, como a ISO 18458:2015.

Dessa forma, os seguintes critérios foram adotados para guiar a investigação da biomimética nos modelos de negócios das empresas:

- a) Tradição ancestral ao pensamento sistêmico: De que maneira as empresas estudadas incorporam a visão sistêmica da *Deep Ecology* e a tríade conceitual de Benyus (2002)?
- b) Fundamentos Filosóficos: Como os cinco eixos de Dicks (2023, 2024) e a ferramenta *Essential Tools* do *Biomimicry 3.8* (2024) são refletidos na cultura organizacional e nos paradigmas empresariais das empresas analisadas?
- c) Ordenamento de valores: Como as empresas biomiméticas hierarquizam e conciliam sustentabilidade ambiental, bem-estar social e objetivos econômicos dentro de seus modelos de negócios, segundo a abordagem de Marcus et al. (2010)?
- d) Implementação de critérios ESG: É investigado se essas organizações percebem e manifestam o potencial de convergência entre biomimética e ESG, bem como se adotam tal perspectiva.
- e) BTBL e Modelos de Negócios Biomiméticos: Os seguintes critérios foram adotados para guiar a investigação da biomimética nos modelos de negócios das empresas, com base no paradigma no BTBL de Szekely e Dossa (2017):
 - i. Missão Sustentável: Como as empresas analisadas definem sua missão sustentável a partir da integração entre biomimética?
 - ii. Visão de longo prazo: De que modo as empresas aplicam conceitos de coevolução e interdependência para garantir resiliência organizacional e adaptação ao ambiente dinâmico ao longo do tempo?
 - iii. Estratégia Sustentável: Como os princípios da economia circular e da criação de valor regenerativo são traduzidos em práticas concretas nos modelos das empresas estudadas?

- iv. Implementação da Estratégia: Quais as metodologias biomiméticas usadas nas empresas?
- v. Mensuração do Desempenho e Transparência: De que forma as empresas biomiméticas monitoram e comunicam seus impactos ambientais e sociais, garantindo transparência e confiabilidade dos seus dados?
- vi. Escalabilidade e Inovação em Sustentabilidade: Quais estratégias e desafios as empresas enfrentam para escalar soluções biomiméticas sem comprometer sua integridade sustentável? De que forma a empresa elabora suas redes de escalabilidade? Com base no DDI de Verganti (2008)?

Por fim, esses critérios foram formulados para estruturar a análise dentro de um quadro de replicação teórica, garantindo a comparabilidade entre os casos estudados. Conforme Yin (2008), a replicação teórica em estudos de caso múltiplos permite identificar padrões consistentes ou divergentes entre as empresas, fortalecendo a validade externa do estudo e assegurando generalizações teóricas para a biomimética aplicada a modelos de negócios.

Além disso, a formulação dessas diretrizes analíticas foi desenvolvida para garantir rastreabilidade e triangulação de evidências, consolidando a validade construtiva do estudo e reforçando sua importância metodológica.

5 ESTUDOS DE CASO

5.1 ATELIER MARKO BRAJOVIC

O Atelier Marko Brajovic, situado em São Paulo e fundado em 2006, é um espaço de criação que se distingue pela maneira como integra os princípios da natureza, da tecnologia e da sustentabilidade em seus projetos.

O Atelier percebeu a arquitetura brasileira como um campo por vezes engessado, em contraste com a crescente receptividade do público a projetos mais fluidos, de caráter orgânico e simplificado. Ao voltar seu olhar para a natureza, o Atelier extrai inspiração de funções encontradas em organismos vivos, como a mimese, a auto-organização e a resiliência. Tais princípios servem de base para os seus serviços biomiméticos, exemplificados pela criação de modelos de arquitetura efêmera. Nestes projetos, a própria natureza assume o papel de "construir" o espaço, sem gerar desperdício e de forma intrinsecamente sustentável.

Liderado pelo arquiteto e designer Marko Brajovic, o Atelier reinventa a arquitetura, do ponto de vista tradicional, atuando também como uma agência e um ateliê criativo. Seu trabalho abrange tanto o espaço construído quanto as marcas, sempre com a natureza como principal fonte de inspiração e elemento central de seu modelo de negócio. A admiração de Brajovic pela natureza, vista como um laboratório vivo de soluções eficientes e adaptáveis, perpassa toda a filosofia do Atelier. Sua busca incessante por soluções de design que mimetizem os princípios da natureza resulta em projetos inovadores, de alta funcionalidade e sustentáveis.

Dessa forma, o Atelier Marko Brajovic se consolida como um espaço onde a criatividade e a natureza se encontram, impulsionando a criação de projetos que dialogam com o meio ambiente e com as necessidades de um público contemporâneo.

5.1.1 Evidências coletadas

Conforme os critérios definidos no subtópico anterior, o Quadro 12 evidencia, de forma literal, os principais achados que permitem analisar a empresa sob seu contexto real:

Quadro 12: Evidências caso Marko Brajovic

Critérios de Investigação	Descrição e Transcrições
Tradição Ancestral ao Pensamento Sistêmico	<p>"Na natureza, o que garante a sobrevivência é a cooperação, as relações solidárias entre todos os seres humanos e não humanos. O arquiteto Marko Brajovic enveredou pela pesquisa dos processos regenerativos da natureza e como eles podem ser aplicados de forma biomimética em toda sorte de projetos. É um pensamento sistêmico. Projetos com potencial de tornarem invisíveis as linhas que hoje separam cidade e floresta."</p> <p>"Estamos testando um novo jeito de viver, que a gente sempre teorizou, discutiu e filosofou, mas agora estamos vivendo na pele esse novo mundo que imaginávamos. Desconectado da nossa cidade e repensando o nosso modo de viver em comunidade."</p> <p>"A Amazonia é o maior laboratório de inovação do mundo... uma quantidade infinita de soluções de design das quais temos que aprender e nos adaptar, e essa é a única maneira de evoluirmos nossa espécie e a inter-relação com a biosfera."</p> <p>"Estamos conectados com a floresta e com a nossa própria natureza. A arquitetura, o design e até mesmo a gastronomia precisam entender essa relação com o todo. Se nos afastamos disso, nos afastamos do que realmente somos."</p>
Fundamentos Filosóficos	<p>"A transdisciplinariedade é a chave da inovação. Ele convoca a inteligência natural coletiva, a inteligência vernacular, a se juntar à inteligência artificial, a fim de construir saídas para a vida na era do aquecimento global. Entre conceitos de cidades resilientes e regeneração urbana, há o convite para um novo pacto também entre espécies, e ele pressupõe um olhar curioso, generoso e cuidadoso com a natureza. A biomimética pode ser aplicada em vários tipos de áreas, não estamos só falando de design, estamos falando de empreendedorismo, estamos falando de organização de uma empresa, estamos falando de distribuição logística no território."</p> <p>"A arquitetura reflete os ciclos de valores industriais e mecanicistas. O modelo hierárquico piramidal é a base da nossa sociedade. Isso precisa mudar. Temos que pensar em estruturas descentralizadas, distribuídas e interconectadas, como encontramos na própria natureza."</p> <p>"Eu lembro que saí transformado quando morei com comunidades indígenas, entendendo que a arquitetura não se constrói, ela cresce, como um organismo vivo. Isso mudou completamente minha visão."</p> <p>Entender a arquitetura como viva, entender de uma forma mais animista e anêmica... adaptando, evoluindo, transformando, ao invés de apenas sendo construída."</p> <p>"A arquitetura não deve ser apenas funcional, mas também viva. A natureza nos ensina que as estruturas precisam evoluir, transformar-se e adaptar-se continuamente ao ambiente."</p> <p>"Aprender com a natureza é fundamental. A fenomenologia e a biomimética nos mostram que tudo está interconectado, e precisamos aplicar esse conhecimento ao design, à arquitetura e até mesmo à maneira como nos alimentamos."</p>
Ordenamento de Valores	<p>"A cidade Floresta traz um ponto de vista sistêmico, operacional, mas também questões sensoriais. A biomimética aplicada nas soluções de design, questões de sinergia aplicadas na distribuição energética, produção de energia, filtragem, limpeza das águas, entendendo como funcionam os sistemas ecológicos para serem implementados dentro da arquitetura. Como vamos viver juntos? Essa era a pergunta e essa pergunta eu não tenho respostas, porque acho que ninguém tem respostas, mas a gente tem que atrair essa resposta. Precisamos entender que nossas cidades precisam ser resilientes, abundantes e seguras."</p>

	<p>"Se olharmos São Paulo como uma floresta, e não como uma cidade, perceberemos um organismo de bilhões de espécies interconectadas, resilientes, que se recuperam. Cidades precisam funcionar como florestas, descentralizadas e regenerativas."</p> <p>"Materiais utilizados nos projetos vêm de um raio de 60 km, reduzindo emissões e promovendo a economia local."</p> <p>"Temos que trazer de volta nossos rios urbanos e criar cidades mais conectadas com a natureza. Resgatar a dignidade dos espaços naturais dentro dos centros urbanos."</p> <p>"Não há desperdício na natureza... como regeneramos processos e o fluxo de energia através do sistema definirá novas soluções arquitetônicas e urbanas."</p> <p>"O desafio é criar cidades que funcionem como ecossistemas, onde não haja desperdício, onde tudo seja reaproveitado e onde os ciclos naturais sejam respeitados. Isso não é apenas sustentável, é regenerativo."</p>
Implementação de Critérios ESG	<p>"biomimética não é só uma questão funcional ou operacional, ela é uma questão ética também. Assim que, numa visão ética da biomimética, não faz sentido substituir árvores por estruturas artificiais. A solução está na própria natureza. Precisamos reformular nossa forma de pensar sobre sustentabilidade, integrar a natureza dentro das nossas cidades e desenvolver soluções que respeitem os processos naturais."</p> <p>"Por que tratamos a natureza como recurso e não como parte da nossa vida? A crise ecológica não é algo novo, ela já estava aqui. Só que agora ficou impossível ignorá-la."</p> <p>"A biomimética nos ensina que não podemos separar os sistemas vivos. Um sistema verdadeiramente sustentável precisa ser cílico, como um organismo vivo."</p> <p>"Não podemos manter lugares intocados enquanto outras regiões do planeta estão sofrendo. Tudo está interconectado, e precisamos de uma consciência global do nosso impacto."</p> <p>"Se queremos um futuro sustentável, precisamos reavaliar o que significa progresso. A biomimética e o ESG não são apenas direções para o futuro, são o único caminho possível se quisermos continuar existindo neste planeta."</p>
Missão Sustentável	<p>Os parques urbanos precisam se expandir além dos seus próprios limites. Como a gente transforma equipamentos tombados em arquiteturas que suprem novas demandas dentro dos parques e novas formas de habitar os espaços públicos de maneira sustentável? A maior tecnologia que temos ainda são as nossas florestas em todos os sentidos. A inteligência distribuída da floresta é um supercomputador que regula a vida no planeta.</p> <p>"Trabalhar com a natureza é fundamental para florescer. O problema das cidades modernas é que elas foram projetadas para o consumo, e não para a convivência harmônica entre espécies."</p> <p>"O conceito de arquitetura inspirada na natureza deve estar no centro do desenvolvimento sustentável. Não apenas reproduzindo a estética, mas aplicando os princípios biológicos na maneira como os espaços são construídos e utilizados."</p> <p>"A natureza é uma designer de 3,8 bilhões de anos... Como podemos aprender com ela, junto com ela e integrá-la em diferentes processos?"</p> <p>"A natureza é o maior laboratório de inovação que existe. Tudo o que precisamos aprender já foi testado e aprimorado por bilhões de anos. Só precisamos aprender a interpretar esses sistemas."</p> <p>"Nosso objetivo é criar conexões profundas entre as pessoas e os ambientes, promovendo bem-estar e uma relação lúdica com a natureza."</p>
Visão de Longo Prazo	<p>A cidade Floresta propõe que os rios estejam limpos porque há peixes que limpam os rios. O ar esteja limpo porque há árvores que filtram o ar. Nossa poluição acústica seja controlada porque há pássaros e outros seres que</p>

	<p>habitam nossas cidades. O design natural não é fixo, ele evolui, se adapta, se transforma junto ao ecossistema. Precisamos trazer essa lógica para a nossa forma de projetar e construir."A cidade deve ser como a floresta. Organismos resilientes, regenerativos e interdependentes. O design e a economia precisam aprender com isso para garantir a longevidade dos sistemas. ""Estamos presos a uma mentalidade de escassez. Mas a natureza é abundante. Precisamos de um modelo metabólico, onde os recursos sejam reciclados continuamente. ""Não estamos indo para lugares intocados, mas para lugares onde a intervenção humana está fortemente presente, para que possamos aprender com erros e melhores práticas. ""Não podemos construir pensando apenas no presente. Precisamos criar soluções que se adaptem ao futuro, que sejam resilientes e capazes de evoluir junto com o ambiente."</p>
Estratégia Sustentável	<p>A floresta cultivada, onde todos são jardineiros, pode ser uma alternativa para um modelo de civilização distribuído e agroecológico. A regeneração urbana precisa de um novo pacto entre espécies. Devemos observar como a floresta ensina sobre ciclos de vida e transformação constante. Precisamos desenhar cidades que sejam esponjas, que absorvam e integrem os fluxos naturais em sua estrutura."A indústria sempre viu a natureza como um estoque de recursos infinitos. Mas estamos chegando ao limite desse modelo. Precisamos de uma economia regenerativa, baseada na cooperação e não na competição predatória. ""O capitalismo precisa mudar sua estrutura fundamental. A colaboração deve ser a base do novo modelo econômico, aprendendo com os sistemas naturais."Afinal, qual é essa nova estética? Precisamos assumir o lixo que produzimos e transformá-lo em novos ecossistemas híbridos."</p> <p>"Se olharmos para a floresta, vemos que não há lixo. Tudo é reaproveitado, reciclado, transformado em um novo recurso. Esse deve ser o modelo para nossas cidades e para o nosso modo de viver."</p>
Implementação da Estratégia	<p>A arquitetura bioinspirada precisa ser uma semente plantada. Antes de construir, é necessário observar, sentir o lugar, compreender o vento, o solo, a vegetação. Projetar com essa sensibilidade faz parte da biomimética. Observamos como a natureza organiza suas estruturas e aplicamos esse conhecimento em projetos reais. Um exemplo disso é a geometria Voronoi aplicada em fachadas e coberturas para minimizar a necessidade de materiais estruturais pesados.</p> <p>"Precisamos aprender com as colônias de corais, as redes fúngicas, as florestas. São organismos descentralizados, distribuídos, resilientes e regenerativos. Aplicar esses princípios à economia, ao urbanismo e à arquitetura pode transformar nossa sociedade."</p> <p>"O digital e o natural não são opostos. Podemos utilizar ferramentas tecnológicas para nos reconectar com a natureza, não para nos afastar dela.</p> <p>"Analisamos como as folhas se dobram e criam estruturas tridimensionais. Então, digitalizamos isso para informar processos de construção com comunidades locais."</p> <p>"Inspiramo-nos nas estruturas das folhas, das colmeias, dos corais. Cada um desses sistemas naturais nos ensina como criar construções mais eficientes e adaptáveis."</p>
Mensuração do Desempenho e Transparência	<p>Precisamos encontrar maneiras de medir e comunicar o impacto positivo dos nossos projetos. A biomimética nos ensina que precisamos aprender com os processos naturais para otimizar nossos ciclos produtivos. Monitorar o impacto ambiental dos projetos é fundamental. Precisamos garantir que nossas ações sejam coerentes com os princípios regenerativos da natureza.</p> <p>"A sustentabilidade não pode ser apenas um rótulo. Precisamos medir os</p>

	<p>impactos reais das nossas ações, garantir que estamos criando soluções de longo prazo."</p> <p>"Mensurar o impacto ambiental não é opcional. Precisamos ser capazes de mostrar que nossas escolhas têm um impacto positivo no ecossistema."</p> <p>"É crucial envolver todos na conversa—comunidades indígenas, universidades locais, participantes globais—para criar um ecossistema equilibrado de troca de conhecimento."</p> <p>"A mudança precisa ser mensurável. Não adianta só dizer que estamos fazendo algo sustentável. Precisamos demonstrar, medir, comprovar que estamos realmente gerando impacto positivo."</p>
Escalabilidade e Inovação em Sustentabilidade	<p>Como criar infraestruturas para trazer de volta nossa Mata Atlântica para as cidades? Precisamos redesenhar nossos espaços urbanos para integrar outras espécies, criar corredores ecológicos e transformar a paisagem urbana. As cidades do futuro devem ser parques vivos, habitados não só por humanos, mas também por outras formas de vida. A arquitetura precisa ser como a floresta: flexível, adaptável e interconectada.</p> <p>"Precisamos redesenhar nossas cidades para que funcionem como florestas. Sistemas resilientes, distribuídos e interdependentes. Se conseguirmos fazer isso em pequena escala, poderemos escalar esse modelo para transformar nossas metrópoles."</p> <p>"Estamos vivendo um momento crucial. Podemos evoluir como espécie se adotarmos uma mentalidade de colaboração com a natureza, ou podemos continuar no caminho da degradação. A escolha é nossa."</p> <p>"Se imaginarmos um futuro melhor, ele pode acontecer. Se não imaginarmos, nunca acontecerá. Devemos experimentar e evoluir através da colaboração interdisciplinar."</p> <p>"Se queremos mudar o mundo, precisamos mudar juntos. Não existe inovação sustentável isolada. Tudo está interligado e precisa crescer de forma integrada."</p>

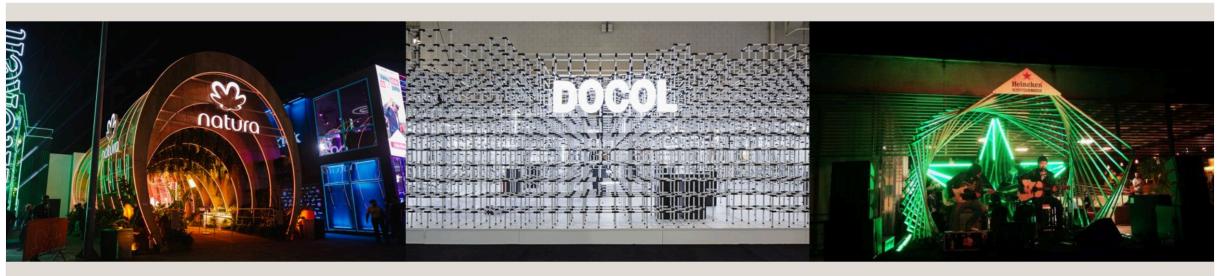
Fonte: Elaborado pela autora

5.1.2 Análise do caso

A modelo de negócio do Atelier Marko Brajovic pode ser definida pautada na biomimética na medida em que reflete, de forma aplicada e não meramente retórica, a lógica de tradução da natureza aos seus produtos, serviços, processos e estratégias. Ao priorizar práticas colaborativas, o ateliê reconhece as dinâmicas interconectadas presentes no âmbito natural e demonstra ambição de se diferenciar dos modelos de produção centrado no curto prazo.

Nas atividades do Ateliê, nota-se uma convergência entre tradições ancestrais e pensamento sistêmico, valorizando a relação orgânica entre humanidade e ambientes naturais. Essa abordagem, embora presente é seu inegável potencial de diferenciação no mercado. A crença na cooperação interespécies e no aprendizado contínuo com a natureza favorece a criação de soluções arquitetônicas integradas, bem como aplicar essa perspectiva de branding de outras marcas complementares, como cervejarias, indústria de louças e metais sanitários e cosméticos, conforme Figura 59.

Figura 59: Trabalhos realizados pelo Ateliê



Fonte: Marko Brajovic (2024)

Um ponto que sobressai em sua prática é o aspecto filosófico que ultrapassa a simples estética. A arquitetura é tratada como algo vivo, em evolução e em sintonia com a heterogeneidade social e ecológica. Essa visão, inspirada em vivências com comunidades indígenas e em observações diretas da floresta, evidencia que os critérios filosóficos biomiméticos são intensamente valorizados, inclusive de forma imersiva, em treinamento de sua equipe, bem como uma perspectiva pessoal.

Contudo, os relatos mostram dificuldade em encontrar profissionais e equipes com diferentes formações, multidisciplinar, que dialoguem fluidamente em seus processos de cocriação, bem como a exigência de orçamentos e contratos que nem sempre contemplam a abertura experimental que esse paradigma sugere.

Do ponto de vista metodológico, consideram desde a geometria de folhas até as dinâmicas de colônias de corais e redes fúngicas, estudos de biomateriais, sustentando a ambição de entregar projetos mais adequados às demandas socioambientais contemporâneas. A empresa mostra que adota abordagens top-down na definição e implementação de sua estratégia sustentável.

O ordenamento de valores é muito evidente, manifesta-se em priorizar a regeneração de espaços urbanos e a ressignificação das relações entre pessoas e outras espécies.

Porém, verifica-se que a disponibilidade de ferramentas de mensuração ainda é limitada ou pouco difundida, o que cria certa fragilidade no acompanhamento de desempenho ambiental e social de seu modelo. Ao mesmo tempo, a empresa parece não valorizar isso como exigência aos seus stakeholders. Demonstram que valorizam a inovação em seus projetos, mais do que demonstrações públicas de transparência.

A missão sustentável (Figura 60) defendida pelo Ateliê, pautada pela reconexão com ecossistemas e pela transposição de conceitos como “cidade-floresta”, “tecnologias vivas”,

“materiais colaborativos”, responde aos anseios de um mercado em evolução, que demanda soluções genuinamente responsáveis em seu nicho de oportunidade.

Figura 60: Missão sustentável do Ateliê



Fonte: Marko Brajovic (2024)

Do ponto de ancoragem biomimética é pautada na necessidade de adaptar infraestruturas. Manifesta-se isso, inclusive, nas atividades de branding, o pátios mimético é bastante valorizado e intensificado nessa organização.

O tempo de maturação de projetos com alto grau de inovação e a resistência de atores tradicionais do mercado podem retardar a implementação ampla de suas práticas biomiméticas, evidenciam uma fragilidade de seu modelo, são impactos por variáveis temporais e exigência de seus stakeholders.

No longo prazo, a visão de que a cidade, as habitações, as experiências de marca devem ser análogas a “funcionar como a floresta”, resiliente, orgânica e aberta a processos de cocriação, inspira e engaja não apenas designers e arquitetos, mas também gestores públicos e comunidade em geral, pois carrega o potencial de reduzir desperdícios e criar cenários urbanos mais saudáveis.

Não foram encontradas evidências que a organização parece ser dependente de políticas públicas. No entanto, é dependente de alianças intersetoriais para sua escalabilidade

Na prática, a implementação de seus projetos requer um forte processo investigativo, como observação minuciosa dos fatores locais, como clima, topografia, recursos naturais disponíveis e engajamento da comunidade. Ao mesmo tempo, demanda aplicação de tecnologias digitais para o mapeamento e a concepção de formas estruturais que reduzam a utilização de materiais e energia, como o design paramétrico. A empresa não faz esforços para manter a coerência ao longo de todo o ciclo do negócio da biomimética, as definições de seu são enraizadas em sua cultura organizacional.

Somado a isso, o Atelier Marko Brajovic promove eventos como o "Talks by Nature", que desde 2013 convida designers, arquitetos, artistas e cientistas interessados em biomimética para discussões em mesas redondas, ampliando o diálogo interdisciplinar e disseminando conhecimentos nessa área. Em 2022, o ateliê realizou o workshop "Biomimética: *Intelligent Skins*", no evento *ConnectArch*, em Novo Airão, no estado do Amazonas, demonstrando seu compromisso contínuo com a educação e a aplicação prática da biomimética. Essas iniciativas reforçam a dedicação do ateliê em fomentar uma rede engajada pela biomimética.

O modelo da empresa é bastante dinâmico, manifestando o seu caráter adaptável e resiliente ao seu contexto de mercado e atividade, pois, assim como é um escritório de arquitetura e design, é também uma agência de branding, cenografia, expografia, direção criativa, além de atuar no desenvolvimento de produtos. Essa forma híbrida permite ao ateliê explorar diferentes áreas, formatos e estéticas, interagindo com seu ecossistema.

Por fim, é inegável a liderança do Marko Brajovic, seja como empresário, como um engajador da biomimética em sua rede. Embora isso possa representar uma centralização de decisões, as evidências encontradas não corroboram com essa percepção, sendo uma empresa descentralizada, com perfis de profissionais compatíveis com os argumentos da presente teoria.

5.2 ROSS LOVEGROVE

Ross Lovegrove é um designer galês, conhecido por suas criações que harmonizam design, natureza e arte. Nascido em 1958 em Cardiff, sua trajetória acadêmica inclui formação em Design Industrial pela *Manchester Polytechnic* e o título de *Master of Design* pelo *Royal College of Art*, em Londres.

Ao longo de sua carreira, Lovegrove colaborou com empresas renomadas como Sony, Apple e LVMH, aplicando seu estilo único a uma variedade de produtos, incluindo computadores, bicicletas, frascos de perfume, cadeiras, luminárias, conjuntos de banheiro, alto-falantes, assentos de aeronaves, escadas e carros conceito.

Seu estúdio está sediado em Londres e é especializado em atividades de design. A empresa foi incorporada em 1999, inicialmente sob o nome *Bioform Models Limited*, adotando o nome atual logo depois. O estúdio é reconhecido por utilizar tecnologias de ponta para criar

formas futuristas e orgânicas, aplicando seu estilo característico a uma ampla gama de produtos, incluindo computadores, bicicletas, frascos de perfume, cadeiras, luminárias, conjuntos de banheiro, alto-falantes, assentos de aeronaves, escadas e carros conceito, exemplificado pela Figura 61.

Figura 61: Portfólio de Produtos da Ross Lovegrove



Fonte: Ross Lovegrove (2024)

Seus trabalhos estão presentes nas coleções permanentes de instituições prestigiadas, como o Museu de Arte Moderna (MoMA) em Nova York, o *Centre Pompidou* em Paris e o *Vitra Design Museum*. Além disso, suas criações já foram exibidas no *Design Museum* em Londres, no *Guggenheim Museum* e na *Philips De Pury* em Nova York.

Atualmente, Ross Lovegrove mantém seu estúdio em Londres, operando de forma remota e colaborando com uma equipe diversificada de talentos digitais e especialistas em computação para expandir os limites convencionais em termos culturais, estéticos, tecnológicos e materiais.

Quadro 13: Evidências caso Ross Lovegrove

Critérios de Investigação	Descrição
Tradição Ancestral ao Pensamento Sistêmico	<p>"Ross Lovegrove é um dos poucos designers que coloca a biologia, a antropologia, a física e a ecologia no centro de suas produções e defende uma visão humanista do design dentro de uma abordagem holística da criação."</p> <p>"Ross Lovegrove concebe o orgânico, antes de tudo, como uma manifestação da vida que depende de processos morfogênicos primários e de princípios elementares de estruturação."</p> <p>Lovegrove é "biólogo evolucionário" e um "escultor da tecnologia", indicando sua abordagem sistêmica que o design convencional ao incorporar ciência, tecnologia, arte, antropologia e ecologia.</p>

Fundamentos Filosóficos	<p>"Ross Lovegrove é um dos poucos designers que coloca a biologia, a antropologia, a física e a ecologia no centro de suas produções e defende uma visão humanista do design dentro de uma abordagem holística da criação."</p> <p>"A 'convergência' entre arte, design, tecnologia e natureza é o lema de sua busca por um novo paradigma da criação."</p> <p>Lovegrove reforça sua visão de que o design precisa fazer a transição da mecânica e dos combustíveis fósseis para processos mais naturais e biológicos.</p>
Ordenamento de Valores	<p>"Hoje, em um mundo onde as forças do bem e do mal se confrontam como avatares, observa-se uma esperança positiva e otimista na busca por um reequilíbrio com a natureza, expresso em novas ciências como a biomimética e as novas técnicas de fabricação aditiva."</p> <p>"Precisamos mudar o design para ir além do que 'parece' moderno e avançar para o que 'é' moderno."</p> <p>Lovegrove defende que o design precisa se tornar "econômico, enxuto e eficiente"</p>
Implementação de Critérios ESG	<p>"Na era do Antropoceno, recentemente definida, evoluímos sob condições muito diferentes, pois a indústria e a fabricação de objetos devem estabelecer novas regras que garantam o respeito à coabitAÇÃO e ao ciclo de vida sustentável dos recursos."</p> <p>"As diferenças entre objetos naturais e artificiais se dissiparão à medida que os princípios da natureza forem transmutados em um número crescente de objetos."</p> <p>O reconhecimento cultural de Lovegrove pelo Centro Pompidou e sua exposição <i>Convergence</i> destacam como seu trabalho propõe um novo paradigma de design que integra ecologia e tecnologia.</p>
Missão Sustentável	<p>"Ross Lovegrove, fascinado pela criatividade do mundo vivo que se esforça para reproduzir em diversas escalas, enxerga o orgânico como uma manifestação da vida que depende de processos morfogênicos primários."</p> <p>"O conjunto das obras de Lovegrove responde à necessidade de otimização e seleção, baseando-se em uma abordagem naturalista, onde os objetos podem mudar conforme uma dinâmica própria."</p> <p>"As novas possibilidades das técnicas de fabricação aditiva operarão, segundo Ross Lovegrove, uma aproximação entre a natureza e novos processos de produção."</p> <p>o design deve ser instintivamente sinérgico, utilizando manufatura avançada e design digital progressivo.</p>
Visão de Longo Prazo	<p>"A revolução digital se desenvolve em interação com os domínios das ciências da vida, da biologia sintética, da termodinâmica, da física, da inteligência artificial e das ciências cognitivas."</p> <p>A participação de Lovegrove em conferências como o TED Global, ao lado de pioneiros da genética e da biomimética, indica que sua visão de longo prazo está centrada na coevolução entre tecnologia e natureza.</p>
Estratégia Sustentável	<p>"Ross Lovegrove aceitou o desafio de capturar a essência da água, expressando sua fluidez e impermanência."</p> <p>A ênfase de Lovegrove em projetos inspirados na natureza, como o uso de formas biomórficas e a aplicação de materiais sustentáveis.</p>

Implementação da Estratégia	"Graças aos softwares de simulação de CAD e CAM (design e fabricação assistidos por computador), arquitetos exploram os desafios de uma abordagem sistêmica do mundo vivo, estudando suas possibilidades de replicação, auto-organização e emergência." Lovegrove utiliza manufatura avançada e modelagem digital
Mensuração do Desempenho e Transparência	
Escalabilidade e Inovação em Sustentabilidade	"As novas potencialidades das técnicas de fabricação aditiva operarão, segundo Ross Lovegrove, uma aproximação entre a natureza e novos processos de produção."

Fonte: Elaborado pela autora

5.2.1 Análise dos dados

A empresa de Ross Lovegrove configura-se como um exemplo de modelo de negócio biomimético, o qual fundamenta-se na intersecção entre design, ciência, tecnologia e a natureza. Em modelo de negócio é evidente ir além do convencionalismo do design industrial ao incorporar processos morfogênicos, princípios de otimização e fabricação aditiva como estratégias centrais de criação e que, de certa forma, permeia toda a organização. Esse posicionamento reflete uma visão de mercado orientada à inovação, mas também evidencia desafios estruturais e limitações inerentes à adoção plena da biomimética como eixo organizacional.

A tradição ancestral e o pensamento sistêmico e diferentes áreas de conhecimento fornecem subsídios conceituais ao modelo de negócios de Lovegrove, que se distingue por sua fusão entre biologia, antropologia e física. O designer concebe o orgânico não apenas como uma estética, mas como uma manifestação essencial da vida, dependendo de processos naturais para sua materialização. Esse posicionamento, por um lado, alavanca uma vantagem competitiva ao integrar métodos evolutivos à prática projetual, mas, por outro, enfrenta resistência em um mercado ainda amplamente moldado por processos produtivos lineares e materiais convencionais. No entanto, tal característica é o que evidencia a sua inovação.

A base filosófica da empresa alicerça-se na convergência entre arte, design, tecnologia e a natureza, refletindo uma busca por um novo paradigma criativo. Lovegrove defende uma transição necessária dos combustíveis fósseis para processos produtivos biológicos e regenerativos, o que demanda não apenas reconfiguração material, mas uma revisão estrutural da cadeia produtiva. Tal transição, embora inovadora, esbarra em desafios de escalabilidade e

aceitação por indústrias acostumadas, o que mostra encontra barreiras significativas de seus stakeholders.

No que tange ao ordenamento de valores, a visão de Lovegrove orienta-se por uma abordagem enxuta, eficiente e econômica, promovendo um design que se desvia da mera aparência de modernidade para se concentrar em sua essência funcional e sustentável. No entanto, houve poucos aspectos sociais identificados e que se mostram relevantes, do ponto de vista dos ODS (2024).

No entanto, a adoção dessas diretrizes, embora modelo seja alinhado às demandas contemporâneas por sustentabilidade, evidencia sua organização dependente de si própria, ou seja, reflete pouco envolvimento em sua rede de intérpretes.

A missão sustentável da empresa baseia-se na otimização e seleção de processos naturais, espelhando-se na lógica adaptativa dos sistemas vivos. O uso de fabricação aditiva e manufatura avançada insere-se nesse contexto como um mecanismo para aproximar a produção industrial dos princípios biomiméticos, permitindo maior economia de recursos e minimização de desperdícios. Entretanto, a viabilidade econômica dessas tecnologias ainda representa um obstáculo, pois os custos elevados e as restrições técnicas de produção limitam sua difusão em mercados mais amplos.

A visão de longo prazo da empresa projeta-se na interação entre a revolução digital e as ciências da vida, promovendo uma coevolução entre tecnologia e natureza. A participação de Lovegrove em conferências internacionais reforça essa ambição, destacando o potencial da biomimética como um eixo transformador do design e da produção.

A estratégia sustentável de Lovegrove fundamenta-se na captura de essências naturais, como evidenciado em sua exploração da fluidez da água e no desenvolvimento de objetos biomórficos. A implementação dessa estratégia é viabilizada pelo uso intensivo de modelagem digital e softwares de simulação, permitindo um maior controle sobre a replicação de estruturas naturais. Apesar disso, a dependência dessas tecnologias pode se tornar um fator restritivo, especialmente para empresas que não possuem acesso a recursos computacionais avançados ou expertise técnica suficiente para operar tais ferramentas.

A mensuração do desempenho e a transparência emergem como elementos críticos no modelo de negócios, não há evidências sobre essas dimensões, do ponto de vista quantitativo.

Por fim, a escalabilidade e a inovação em sustentabilidade são promovidas pela incorporação de técnicas de fabricação aditiva, que permitem uma aproximação gradual entre

a produção industrial e os processos naturais. Contudo, a expansão desse modelo para além do nicho do design autoral enfrenta desafios relacionados à integração dessas tecnologias em linhas de produção de larga escala, bem como à aceitação mercadológica de produtos resultantes dessa abordagem.

Um aspecto interessante, é a Lovegrove *Foundation for the Development of Creative and Innovative Design* (DCID) tem como propósito central fomentar uma nova abordagem para o pensamento em design, indo além da simples preservação da obra de Lovegrove. Funciona como um espaço híbrido entre museu e laboratório de inovação, mantendo um acervo permanente de suas criações históricas e promovendo exposições temporárias voltadas ao futuro da criatividade.

A fundação se estabelece como um polo de experimentação em design progressivo, incorporando uma visão de longo prazo fundamentada na inovação, sustentabilidade e pensamento sistêmico. Além disso, reforça o paradigma da coevolução entre tecnologia e natureza, promovendo um espaço onde o design estratégico evolui em diálogo com diversas disciplinas. Lovegrove busca explorar conceitos como design circular, paramétrico, tecnológico, arquitetônico e espacial, além de manufatura aditiva, por meio de colaborações com especialistas e estúdios renomados nos campos da ciência, tecnologia, arte, arquitetura e educação. Esse ecossistema colaborativo não apenas expande as fronteiras do design, mas também fomenta um ambiente propício à pesquisa e à inovação multidisciplinar, consolidando a biomimética como um vetor de transformação para a prática projetual e os modelos organizacionais.

Dentro desse contexto, a DCID apresenta aos visitantes a filosofia do *Organic Design*, que propõe um olhar inovador sobre os processos criativos e de manufatura, enfatizando princípios como desmaterialismo, biomorfismo e biomimética. A fundação se posiciona como um espaço de aprendizado e inspiração, permitindo que o público compreenda como o design digital e as inovações tecnológicas podem influenciar a sociedade do futuro. Além disso, a instituição busca incentivar soluções pioneiras para desafios urgentes, como mudanças climáticas, habitação humana no futuro e superpopulação, reforçando o compromisso do design com questões globais críticas.

A liderança biomimética da Ross Lovegrove, caracteriza-se por uma abordagem visionária que vai além dos limites do design tradicional, integrando princípios naturais à

inovação tecnológica e estratégica. Do ponto de vista interdisciplinar da equipe, os dados apontam para uma descentralização, com foco em profissionais especializados em tecnologia.

5.3 TÁTIL DESIGN

A Tátil Design é uma renomada consultoria de branding, design e inovação que, ao longo de 35 anos, tem se destacado por criar experiências significativas para marcas de impacto global. Com escritórios no Rio de Janeiro, São Paulo e Paris, a empresa acumula diversos prêmios internacionais, refletindo sua excelência e influência no cenário do design.

Desde sua fundação, a Tátil sempre buscou inspiração na natureza, adotando uma abordagem que valoriza a simplicidade e a sustentabilidade. Essa filosofia se traduz em projetos que consideram o ciclo de vida completo dos objetos, respeitando os limites, promovendo soluções que geram impacto positivo para as pessoas e o mundo.

Um dos marcos na trajetória da Tátil foi a criação da identidade visual dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016, onde a empresa teve a oportunidade única de representar o design brasileiro em um evento de magnitude global. Outro projeto de destaque é a identidade gráfica do Carnaval do Rio de Janeiro, desenvolvida em 2022. Para capturar a essência desse evento emblemático, a Tátil envolveu mais de 7.000 pessoas, incluindo personalidades do mundo do samba, resultando em uma marca viva e pulsante que reflete a energia contagiante da Sapucaí.

5.3.1 Evidências coletadas

Quadro 14: Evidências caso Tátil Design

Critérios de Investigação	Descrição
Tradição Ancestral ao Pensamento Sistêmico	<p>"Eu gosto de imaginar essa árvore genealógica que começa lá na protocélula e chega até a gente, nosso córtex pré-frontal como o tecido mais sofisticado que a vida já desenvolveu."</p> <p>"Se você pensar, nós somos parte de um sistema maior. A vida na Terra já passou por grandes transformações e nós estamos dentro desse fluxo."</p> <p>"Primeiro tem a ver com as nossas origens, buscando inspiração na natureza. Sempre buscamos soluções naturais, a solução ótima, óbvia, a solução que a natureza nos daria. É isso que queremos dizer com solução natural para um problema."</p>

	<p>"A natureza vem fazendo isso há bilhões de anos, desenvolvendo uma série de ideias brilhantes. Eu costumo brincar dizendo que Deus não coleta direitos autorais. Você pode se apropriar das ideias Dele e Ele ficará feliz."</p> <p>A natureza nos ensina há bilhões de anos. Quando olhamos para os ecossistemas, vemos que tudo está conectado. A sabedoria está em aprender com esses sistemas que já funcionam e aplicá-los aos negócios."</p> <p>"Equilíbrio não é estagnação, é fluxo. O que vemos na natureza é um balanço dinâmico, e precisamos aprender a pensar dessa forma nos negócios também."</p> <p>"Somos plataforma e lugar, rede, conversa e vínculo. Somos ecossistema em que todas contribuem para construir."</p> <p>"A evolução está presente na natureza e nos inspira a entender processos dinâmicos fundamentais."</p>
Fundamentos Filosóficos	<p>"A evolução não é um progresso linear, mas uma resposta única ao ambiente que está sempre mudando."</p> <p>"A biologia não tem um plano predeterminado, tudo é uma série de contingências que nos trouxeram até aqui."</p> <p>"Se queremos engajar e promover comportamentos desejáveis, devemos fazê-lo pelo desejo, não pela culpa. Durante muito tempo, usamos o que chamo de 'ecoterrorismo', tentando mudar o comportamento das pessoas com base em um sentimento negativo de responsabilidade pesada."</p> <p>"Acreditamos que o design não deve ser imposto, mas cocriado. Sempre trabalhamos com as pessoas, nunca para as pessoas."</p> <p>"Se queremos engajar e promover comportamentos desejáveis, devemos fazê-lo pelo desejo, não pela culpa."</p> <p>"O design precisa ser mais do que um pensamento, precisa ser sentido. Design feeling é mais do que uma metodologia, é uma forma de se relacionar com o mundo."</p> <p>"A gente acredita que as marcas são parte da solução. Elas configuram nossa interface do mundo."</p> <p>"O design tem esse papel de auxiliar marcas a redesenhar a relação das pessoas com o mundo."</p>
Ordenamento de Valores	<p>"A natureza tem um banco de princípios criativos que ela vai recombinando de maneira econômica. O que funciona, permanece."</p> <p>"Não se trata mais de pensar em lucro separado de impacto social. O valor de uma empresa está ligado ao seu impacto no ecossistema."</p> <p>"A gente olha para soluções formais e para inspiração a partir de formas naturais, mecânicas e design, buscando soluções estratégicas enquanto tentamos entender como a natureza funciona."</p> <p>"A Tátil sempre buscou soluções que deixem o material em sua forma expressiva e no seu lugar de máximo poder."</p> <p>"A diversidade gera resiliência. Isso vale para a natureza e para as empresas. Sistemas diversos são mais adaptáveis às mudanças."</p> <p>"O que fazemos como designers é interpretar as sensações do mundo e transformá-las em símbolos, materiais e narrativas para que outras pessoas possam sentir."</p>

	<p>"Asas que simbolizam a ousadia e a resiliência de empreendedores inquietos e criadores movidos pelo desejo de fazer sempre mais e melhor."</p> <p>"Somos práticas próximas, inclusivas, cultivamos sonhos e criamos o que ainda nem é possível imaginar."</p>
Implementação de Critérios ESG	<p>"A Tátil agora é uma empresa B! Estamos comprometidos com a geração de valor para todo o ecossistema, não apenas para o negócio."</p> <p>"Os investidores já estão olhando para negócios que têm impacto positivo. As empresas vão precisar evoluir para se manterem relevantes."</p> <p>"A gente começou a fazer muitos projetos que chamamos de branding ESG, no sentido de que as marcas estavam realmente tentando progredir, com uma intenção cada vez mais legítima e verdadeira."</p> <p>Marcas alinhadas com a agenda ESG estão performando muito melhor. Já existem relatórios mostrando isso. Não há mais dicotomia entre sustentabilidade e lucro."</p> <p>"O mercado já entendeu que sustentabilidade não é custo, é investimento. Empresas alinhadas com ESG estão performando melhor financeiramente."</p> <p>"Não se trata apenas de reduzir impacto ambiental, mas de criar negócios que regeneram, que devolvem valor para a sociedade e para o meio ambiente."</p> <p>"As empresas não devem apenas gerar lucro, mas valor para todo o ecossistema do qual fazem parte."</p> <p>"O impacto ambiental precisa ser minimizado e transformado em novas oportunidades."</p>
Missão Sustentável	<p>"As árvores estão há 200 milhões de anos na Terra porque aprenderam a compartilhar recursos. Nós estamos aqui há 200 mil anos e ainda não aprendemos."</p> <p>"A biomimética nos ensina que soluções eficientes e sustentáveis já existem na natureza. Precisamos aprender com ela."</p> <p>Acreditamos que o futuro não precisa ser 'verde', mas sim diverso. Quanto mais diversa for a realidade de um projeto, mais rica será a solução, e maior será sua capacidade de gerar valor para o ecossistema."</p> <p>"Não é uma questão de escolha ou opção. Nós teremos que passar por essa transição sustentável, e as grandes marcas do mundo terão um papel fundamental."</p> <p>"Não é só sobre usar menos plástico ou emitir menos carbono. É sobre construir sistemas que naturalmente regenerem, como a natureza faz."</p> <p>"A inovação sustentável não pode ser apenas um diferencial competitivo, precisa ser um compromisso inegociável."</p> <p>"Não se trata apenas de produzir menos, mas de produzir de forma regenerativa."</p> <p>"A sobrevivência das empresas passa por uma atuação mais consciente e responsável."</p>
Visão de Longo Prazo	<p>"Se queremos ter um impacto duradouro, precisamos pensar em escalabilidade e inovação sustentável, não só no curto prazo."</p>

	<p>"A visão do futuro não pode ser só uma projeção linear, precisamos entender a complexidade dos sistemas vivos e sociais."</p> <p>"Nossa operação é baseada em 8 princípios criativos, escritos lá em 1990 e que, de alguma forma, ainda são relevantes hoje."</p> <p>"Trabalhamos há mais de 23 anos com a Natura, sempre trazendo soluções sustentáveis que tenham impacto sensorial e mínimo impacto ambiental."</p> <p>"O que fazemos hoje impacta não apenas nossos negócios, mas a vida no planeta pelos próximos séculos."</p> <p>"Estamos vivendo um momento de mutação da humanidade. Essa geração já entende que o consumo desenfreado não faz sentido e que há outras formas de viver e trabalhar."</p> <p>"O design feeling é mais do que um método, é uma forma de ver e sentir o mundo."</p> <p>"O crescimento das discussões sobre ESG reforça a necessidade de evolução das empresas."</p>
Estratégia Sustentável	<p>"A biomimética nos ensina que o melhor design já foi feito pela natureza. Nós só precisamos aprender a interpretar e aplicar esses princípios."</p> <p>"As empresas que quiserem se manter relevantes precisarão aliar crescimento econômico com regeneração ambiental e social."</p> <p>"Queremos sempre soluções com baixo impacto ambiental e alto impacto sensorial. Muitas soluções ecológicas caem no que chamamos de 'eco-tédio'. Precisamos de soluções atraentes, que realmente engajem."</p> <p>"Sempre buscamos reduzir o excesso e focar no que realmente importa. Se a sua ideia tem elementos demais, não é simples o suficiente, então ela ainda não está pronta."</p> <p>A Tátil sempre buscou soluções que deixam o material em seu estado mais expressivo e poderoso, reduzindo o desperdício e maximizando o impacto sensorial."</p> <p>"Nosso trabalho como designers é encontrar formas de integrar o digital e o físico sem perder a essência sensorial."</p> <p>"Cada marca que vai para o mundo cria um novo código simbólico da humanidade."</p> <p>"As melhores marcas são aquelas que integram propósito e inovação."</p>
Implementação da Estratégia	<p>"Não basta uma empresa ter um instituto para impacto social. O impacto tem que estar no core business."</p> <p>"Nosso compromisso é ajudar as marcas a trilharem um caminho sustentável, com inovação e engajamento."</p> <p>"Para implementar qualquer mudança, primeiro precisamos entender o ambiente. Antes de chegar com uma solução pré-pronta, é essencial escutar quem vive aquele contexto e realmente conhece o negócio."</p> <p>"Não adianta tentar moldar um material de um jeito que ele não aceita. Você tem que conversar com o material, entender qual é a forma que ele deseja assumir."</p> <p>"A mudança precisa ser cocriada. Empresas que impõem soluções sem ouvir as pessoas falham em criar impacto real."</p>

	<p>"Para criar um processo criativo sustentável, precisamos testar, experimentar e estar dispostos a errar. Só assim encontramos novas possibilidades."</p> <p>"Quando entendemos o que nos diferencia, conseguimos gerar impacto positivo e real."</p> <p>"As marcas precisam traduzir sua essência em estratégias tangíveis e eficazes."</p>
Mensuração do Desempenho e Transparência	<p>"O que diferencia empresas que realmente se preocupam com ESG daquelas que apenas preenchem relatórios é o impacto real e mensurável que geram."</p> <p>"Se queremos que as empresas assumam seu papel de transformação, precisamos medir o impacto real do que elas fazem."</p> <p>"Se o discurso não estiver alinhado com a prática, a estratégia de sustentabilidade de uma empresa perde credibilidade rapidamente." "A transparência é a nova moeda no mercado. Se a empresa não tem práticas reais sustentáveis, será exposta rapidamente."</p> <p>"Os números mostram que marcas comprometidas com a sustentabilidade têm melhores resultados no longo prazo."</p> <p>"A transparência é uma exigência crescente, e as marcas precisam garantir autenticidade em seus compromissos."</p> <p>"Marcas que assumem compromissos reais se tornam referências para o mercado."</p>
Escalabilidade e Inovação em Sustentabilidade	<p>"A biomimética nos mostra que inovação sustentável não significa reinventar a roda, mas entender o que já funciona na natureza e adaptar."</p> <p>"As marcas que se destacam são aquelas que conseguem escalar impacto positivo sem comprometer os valores que as tornaram inovadoras."</p> <p>"O design sustentável precisa ser replicável e desejável. Precisamos criar soluções inovadoras e não apenas 'eco-chatas'."</p> <p>"Nosso trabalho com a Natura tem sido um laboratório para testar inovações sustentáveis que podem ser aplicadas em diversas escalas e setores."</p> <p>"As melhores soluções são aquelas que podem ser replicadas e ampliadas sem perder sua essência sustentável."</p> <p>Estamos vivendo uma revolução nos negócios, onde empresas que não inovarem para a sustentabilidade simplesmente deixarão de existir."</p> <p>A inovação sustentável precisa ser desejável e replicável para alcançar maior impacto."</p> <p>"As empresas estão se questionando sobre como manter sua relevância sem comprometer o futuro."</p>

Fonte: Elaborado pela autora

5.3.2 Análise dos dados

A Tátil Design, ao incorporar a biomimética em seu modelo de negócio, demonstra um entendimento profundo da interconexão entre os sistemas naturais e os processos criativos.

Em sua abordagem, observa-se uma forte assimilação dos princípios que regem os ecossistemas, reconhecendo que a natureza opera em um estado de equilíbrio dinâmico, no qual tudo está interligado e em constante fluxo. Ao aplicar essa visão sistêmica, a empresa busca desenvolver soluções que transcendem a funcionalidade, promovendo uma integração orgânica ao contexto em que estão inseridas, com impactos analisados em todas as etapas do processo.

No ecossistema da organização, a colaboração se estabelece como pilar essencial para a construção de soluções inovadoras. Essa visão reflete a compreensão de que a criatividade e a inovação emergem do intercâmbio e do compartilhamento de ideias. Ao valorizar a diversidade de perspectivas e o conhecimento coletivo, a empresa fomenta um ambiente propício à experimentação e ao desenvolvimento de abordagens originais. Além disso, a mentalidade de aprendizado contínuo assegura que a companhia se mantenha atualizada com as últimas descobertas e tecnologias, incorporando-as estrategicamente em seus processos criativos. Essa busca constante pela evolução a mantém relevante e inovadora em um mercado em permanente transformação.

A marca reconhece a evolução como um elemento central para adaptação e aprimoramento. Compreendendo que a vida na Terra se organiza por meio de fluxos adaptativos, essa lógica é internalizada nos processos da organização, não como um ideal abstrato, mas como uma prática que privilegia a integração, a colaboração e a resiliência organizacional. O constante ajuste estratégico baseia-se no entendimento de que os sistemas naturais operam por meio da interação contínua entre agentes diversos. Assim, a empresa concebe modelos de atuação flexíveis, nos quais a mudança não é uma disruptão, mas um fator inerente à sustentabilidade. Dessa forma, não apenas se apropria da sabedoria biológica, mas a reinventa no contexto dos negócios, compreendendo que a inovação genuína surge da observação e do respeito às dinâmicas naturais.

Essa segmentação reflete a amplitude dos serviços oferecidos e a forma como a organização estrutura suas soluções para atender diferentes demandas empresariais, exemplificando a constante evolução de suas práticas com base em uma dinâmica adaptativa. Inspirada na imprevisibilidade e resiliência dos sistemas biológicos, a companhia comprehende que sua atuação não deve seguir um roteiro fixo, mas responder dinamicamente às transformações do ambiente. Essa perspectiva transparece em sua metodologia de design, que

não se impõe ao usuário, mas emerge da cocriação, reconhecendo que as soluções mais eficazes nascem do diálogo e da interação entre múltiplos agentes.

A relação entre marcas, indivíduos e o mundo é ressignificada no modelo de negócio, que enxerga o design como um mediador dessas conexões. A empresa reconhece que as marcas desempenham um papel central na experiência humana e, portanto, devem ser concebidas não apenas como elementos comerciais, mas como vetores de transformação. Esse entendimento alinha-se à sua postura de engajamento positivo, rejeitando abordagens coercitivas e baseadas no medo, e substituindo a lógica do “ecoterrorismo” por estratégias que despertam um desejo genuíno por novas formas de interação com o meio ambiente e a sociedade.

O conceito de *design feeling* ocupa um papel central nessa filosofia, pois transcende a racionalidade projetual ao incorporar um senso ampliado de pertencimento e significado. Para a empresa, o design não se restringe a processos estruturados, mas manifesta-se como uma experiência sensível e relacional, capaz de moldar percepções e estimular comportamentos alinhados a um futuro sustentável. Assim, a organização traduz essa abordagem em um modelo de negócio pautado na interdependência, adaptação e valorização das conexões entre pessoas, marcas e ecossistemas.

Para a organização, o design não se limita à resolução de problemas visíveis, mas opera como um interpretador de sensações, traduzindo experiências intangíveis em símbolos, materiais e narrativas que ressoam emocionalmente. Esse entendimento fundamenta sua busca pela transformação das marcas, expandindo a criação para além do que já é possível e explorando o inexplorado. Ao conceber o design como catalisador de mudanças e meio para cultivar novos horizontes, a empresa reafirma sua vocação biomimética em um modelo de negócio moldado dinamicamente ao contexto em que atua.

A integração dos critérios ESG (ambientais, sociais e de governança) no modelo de negócio reforça seu compromisso com a criação de valor sistêmico. A certificação como Empresa B (*B Corp, 2024*) formaliza essa orientação, refletindo uma mudança paradigmática no mercado, na qual a sustentabilidade não é mais percebida como um custo, mas como um fator que impulsiona a performance e a relevância organizacional.

A companhia comprehende que a evolução dos negócios requer um engajamento genuíno com a agenda ESG, indo além da mitigação de impactos para a geração ativa de benefícios ambientais e sociais. Essa visão se concretiza em iniciativas de *branding ESG*, nas

quais auxilia marcas a construírem narrativas coerentes com um propósito sustentável e economicamente viável.

O modelo de negócio reconhece que o contexto atual representa uma mutação na percepção da humanidade, com novas gerações questionando o consumo desenfreado e buscando alternativas sustentáveis. Esse cenário reforça a necessidade de reformulação dos modelos empresariais, intensificando sua convicção na agenda ESG.

Desde 1990, a organização fundamenta sua missão na aprendizagem com a natureza, rejeitando uma visão reducionista de sustentabilidade como mera tendência passageira. Para a empresa, projetos mais plurais resultam em soluções mais ricas e capazes de gerar maior valor. Essa abordagem perpassa sua trajetória e se mantém relevante mesmo diante das constantes transformações do mercado. A longevidade da parceria com empresas como a Natura exemplifica essa consistência, evidenciando um modelo de negócio que combina inovação, impacto sensorial e mínima pegada ambiental.

A busca pelo equilíbrio entre baixo impacto ambiental e alto impacto sensorial traduz-se na rejeição a abordagens superficiais e na valorização da essência tátil e emocional dos projetos. Sustentabilidade, para o modelo de negócio, não pode ser sinônimo de concessão estética, mas deve manifestar-se de forma atraente e envolvente, promovendo mudanças reais de percepção e comportamento. Esse compromisso se reflete na busca contínua por essencialidade e eficiência, eliminando excessos e refinando cada solução até alcançar sua forma mais clara e impactante.

A implementação dessa estratégia reforça a convicção da empresa de que impacto real não pode ser um apêndice institucional, mas deve estar integrado ao *core business* das empresas. Dessa forma, a sustentabilidade não é vista como uma iniciativa superficial, mas como um elemento estruturante dos negócios.

6 CONCLUSÃO

Os três casos analisados - Tátil Design, Ross Lovegrove e Atelier Marko Brajovic - representam distintas formas de incorporação da biomimética aos modelos de negócio. Embora compartilhem uma base filosófica comum na inspiração pela natureza, suas abordagens diferem em termos de escopo, métodos e desafios enfrentados.

A Tátil Design estrutura seu modelo de negócio em torno da interconexão sistêmica entre design, sustentabilidade e impacto sensorial. Sua estratégia privilegia a cocriação, o aprendizado contínuo e a adaptação dinâmica a mudanças, refletindo princípios naturais de resiliência e evolução. A empresa enfatiza o design como mediador entre marcas e sociedade, promovendo um engajamento positivo e rejeitando abordagens coercitivas.

Nesse sentido, enquanto a biomimética é presente em toda a sua narrativa, missão, visão, estratégias, o modelo de negócio da empresa é adaptado para ser híbrido, no sentido de engajar a biomimética, mas operar conforme a transição vigente, ou seja, operar na ótica dessas duas realidades.

Por outro lado, a empresa de Ross Lovegrove se posiciona como um laboratório experimental que transita entre design, ciência e tecnologia. Seu modelo de negócio baseia-se na integração de processos morfogênicos e fabricação aditiva, refletindo uma abordagem evolucionária da produção industrial. No entanto, sua dependência de tecnologias avançadas e a limitada aceitação de seus produtos no mercado convencional evidenciam barreiras à escalabilidade.

Já o Atelier Marko Brajovic adota uma abordagem pautada na sabedoria ancestral da natureza, combinando essas práticas com design digital e paramétrico. Sua atuação extrapola a arquitetura e o design, é dinâmica, envolvendo *branding* e projetos que exploram a interdependência entre ecossistemas urbanos e naturais. No entanto, enfrenta desafios na captação de talentos multidisciplinares e na viabilização econômica de suas propostas inovadoras.

A partir desse cenário, foi possível identificar convergências e divergências entre os casos estudados. Seis padrões principais emergem dessa comparação:

1. Integração Sistêmica da Natureza no Modelo de Negócio: todas as empresas adotam a biomimética como um eixo estratégico, mas diferem na forma como incorporam os princípios naturais aos seus processos. A Tátil Design adota uma abordagem sensível e interativa

Lovegrove foca na replicação de padrões biológicos via tecnologia; enquanto o Atelier Brajovic enfatiza a fusão entre os fundamentos da ancestralidade e o digital.

2. Sustentabilidade e Inovação como Elementos Centrais: as três organizações reconhecem a importância da sustentabilidade e inovação, mas lidam com essa questão de maneiras distintas. A Tátil Design alinha-se à agenda ESG e busca impacto positivo, sobretudo do *pathos* biomimético. Lovegrove aposta em materiais inovadores, mas encontra desafios na sua visão de longo prazo. O Atelier Brajovic propõe soluções regenerativas, mas enfrenta dificuldades na implementação ampla de suas ideias.

3. Escalabilidade e Barreiras de Mercado: enquanto a Tátil Design se insere no mercado de *branding* e design estratégico, Lovegrove atua em um nicho experimental e encontra dificuldades na massificação de suas soluções. O Atelier Brajovic, por sua vez, opera em uma lógica altamente flexível, mas depende de colaborações interdisciplinares para expandir seu impacto.

4. Modelo Organizacional e Estrutura de Governança: A Tátil Design opera em um modelo de governança altamente colaborativo, enfatizando cocriação e aprendizado contínuo. A estrutura da empresa favorece a integração de múltiplas perspectivas, promovendo um fluxo dinâmico de inovação e adaptação. A sustentabilidade e os princípios da biomimética estão inseridos na cultura organizacional, permeando desde a tomada de decisão estratégica até a implementação de projetos. Ross Lovegrove, por outro lado, possui um modelo organizacional mais centralizado, ancorado na figura do designer. Seu processo criativo é altamente experimental, e a empresa é dependente de um pequeno núcleo de especialistas com conhecimento técnico avançado. Isso resulta em um modelo de governança baseado na inovação disruptiva, mas menos acessível a uma rede ampliada de *stakeholders*. O Atelier Marko Brajovic adota uma estrutura híbrida e flexível, combinando abordagens *top-down* na definição de suas diretrizes com metodologias e *bottom-up* em suas atividades de design e *branding*. A organização valoriza uma governança descentralizada, permitindo um alto nível de experimentação e coevolução com diferentes disciplinas e setores.

5. Estratégia de Implementação da Biomimética: a forma como a biomimética é aplicada no modelo de negócio também revela padrões distintos entre as empresas. A Tátil Design adota a biomimética como princípio estratégico para a construção de marcas e experiências sensoriais. Seu foco está na relação entre design e impacto ambiental, utilizando a natureza como referência para criar soluções sustentáveis e envolventes. Ross Lovegrove explora a

biomimética principalmente por meio da integração entre tecnologia e design. Seus produtos são desenvolvidos com base em modelagem digital, manufatura aditiva e otimização de materiais, buscando replicar padrões naturais na produção industrial. O Atelier Marko Brajovic aplica a biomimética em um contexto mais amplo, incorporando tanto elementos técnicos quanto filosóficos. A empresa enfatiza a aprendizagem com ecossistemas naturais e comunidades tradicionais, utilizando conceitos como "cidade-floresta" e "tecnologias vivas" para propor soluções regenerativas.

6. Viabilidade Econômica e Escalabilidade: a Tátil Design consegue equilibrar inovação e viabilidade comercial, inserindo-se no mercado de *branding* sustentável e design estratégico. A empresa se beneficia de parcerias de longo prazo com clientes como a Natura, o que garante estabilidade financeira e continuidade na aplicação da biomimética. Ross Lovegrove enfrenta desafios na escalabilidade de seus projetos devido à dependência de tecnologias avançadas e custos elevados de produção. Seu modelo de negócio é mais adequado para um nicho *premium* de design autoral e inovação industrial, limitando sua inserção no mercado de grande escala. Atelier Marko Brajovic opera com um modelo dinâmico e experimental, explorando diversas áreas como arquitetura, *branding* e design de produtos. Embora suas iniciativas tenham alto potencial de impacto, a dependência de alianças intersetoriais e a dificuldade na mensuração do desempenho ambiental e social podem representar barreiras para a escalabilidade.

A análise dos modelos de negócios biomiméticos evidencia diferentes estratégias e desafios enfrentados na implementação desse paradigma nas organizações contemporâneas. A fundamentação teórica aqui apresentada sobre a biomimética aplicada aos negócios sugere que a transição para esse modelo é dependente de lideranças engajadoras.

Observa-se que as organizações analisadas demonstram abordagens diferenciadas quanto à flexibilidade e à capacidade de adaptação ao meio. Enquanto algumas adotam um modelo de aprendizado contínuo, privilegiando a cocriação e a colaboração como fundamentos de sua estrutura, outras operam sob uma lógica mais centralizada, em que a inovação é conduzida por um núcleo altamente especializado. Há também organizações que conciliam elementos de tradição e inovação, buscando aliar saberes ancestrais com processos digitais avançados. Essas diferenças se mostram representativas e valorosas, assim como a biodiversidade natural, evidenciadas na teoria.

A modelagem estrutural dos negócios biomiméticos revela que a descentralização e a inteligência coletiva são aspectos fundamentais para sua consolidação. Algumas organizações

se destacam por criar redes interconectadas e dinâmicas, favorecendo o fluxo de conhecimento e inovação entre múltiplos atores. Em contrapartida, há modelos que, apesar de altamente inovadores, apresentam estruturas rígidas e de difícil replicação, o que limita sua capacidade de expansão. Outras adotam modelos híbridos, permitindo uma maior flexibilidade na experimentação e adaptação ao mercado, embora ainda enfrentem dificuldades na operacionalização e na gestão de alianças estratégicas.

A inovação biomimética, quando implementada, torna-se um vetor de transformação organizacional. Sem dúvidas, a presente pesquisa revelou um campo dinâmico e ainda em processo de maturação.

Além disso, identificou-se que a inovação biomimética não pode ser dissociada de sua viabilidade econômica e de sua capacidade de escalabilidade. Embora modelos experimentais sejam essenciais para testar e validar novas abordagens, a transição para mercados mais amplos requer estratégias que equilibrem o potencial disruptivo da biomimética com a necessidade de inserção em cadeias produtivas existentes. Esse ponto reforça a importância de políticas de incentivo, parcerias intersetoriais e desenvolvimento de métricas capazes de demonstrar, de maneira objetiva, os benefícios dessa abordagem tanto para as empresas quanto para a sociedade.

Diante desse cenário, o futuro da biomimética nos negócios dependerá da capacidade das organizações investirem na integração com conhecimento biológico, tecnologia e inovação estratégica. Essa transição exige não apenas novas ferramentas e metodologias, mas uma mudança de mentalidade na forma como os negócios são concebidos e operam dentro dos limites planetários. Para que esse modelo se consolide, será essencial um esforço interdisciplinar entre acadêmicos, cientistas, designers, economistas e formuladores de políticas públicas, permitindo que a biomimética se torne mais do que uma inspiração teórica, mas um novo paradigma organizacional que redefine o significado de valor, crescimento e desenvolvimento sustentável.

A presente pesquisa sobre modelos de negócios biomiméticos avançou na compreensão das diferentes estratégias e desafios associados à incorporação da biomimética nas organizações. Entretanto, como qualquer estudo, sua abordagem apresenta algumas limitações que abrem espaço para investigações futuras, especialmente no que se refere à aplicabilidade, à escalabilidade e à mensuração dos impactos dessa abordagem no contexto empresarial contemporâneo.

Além disso, a pesquisa se concentrou majoritariamente na perspectiva interna das organizações, analisando sua estrutura, processos e estratégias biomiméticas. No entanto, um aspecto ainda pouco explorado é a resposta do mercado e dos consumidores a esses modelos. A aceitação de produtos e serviços biomiméticos pelo público pode representar uma variável crítica para a viabilidade desse paradigma em larga escala. Estudos futuros poderiam investigar como a percepção do consumidor influencia a adoção da biomimética nos negócios, examinando fatores como valor agregado, disposição a pagar por produtos biomiméticos e a relação entre sustentabilidade percebida e decisões de compra.

Outra questão relevante que não foi completamente abordada no estudo é a relação entre biomimética e inovação regulatória. Atualmente, a adoção de práticas biomiméticas ocorre muitas vezes à margem dos sistemas regulatórios existentes, o que pode limitar sua escalabilidade. A falta de normativas específicas pode dificultar a inserção da biomimética em mercados altamente regulamentados, como o de construção civil, energia e biotecnologia. Pesquisas futuras poderiam explorar como políticas públicas e estruturas regulatórias podem fomentar ou restringir o crescimento desse modelo, propondo diretrizes que facilitem sua implementação sem comprometer a integridade ecológica e econômica dos negócios.

Dessa maneira, a presente pesquisa abre caminho para investigações futuras que possam aprofundar o entendimento sobre a biomimética enquanto modelo de negócio, não apenas em termos conceituais, mas também em sua aplicabilidade prática.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, A.; ELLISON, M. (Ed.). *Biologically Inspired Textiles*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2008. ISBN 978-1-84569-247-6.
- ABREU, Breno; NÓBREGA, Christus. BioStudio: seres vivos, tecidos e inovação. *Anais do II Congresso Internacional e VIII Workshop Design & Materiais*, 2017.
- AGRAWAL, Gauri. *Nature as design tool: biomimicry*. 5th year seminar report. [s.l.]: Smt. Manorababai Mundle College of Architecture, [s.d.].
- AHMAR, Salma Ashraf Saad El. *Biomimicry as a tool for sustainable architectural design: towards morphogenetic architecture*. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculty of Engineering, Alexandria University, Alexandria, Egito, 2011.
- AL-JAWHARY AHMED SHETA, Ayat Abdul Rahim. *Biomimicry in Environmental Architecture: Exploring the Concept and Methods of the Bio-Inspired Environmental Architectural Design*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Arquitetônica) – Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egito, 2010.
- ALMEIDA, Alice Araujo Marques de Sá. **Ferramentas da biomimética no design: aportes da natureza para a prática projetual**. 2021. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
- ALMEIDA, Raquel Leal Duque de. *Os princípios do design e desenvolvimento regenerativo*. 2021. Dissertação (Mestrado em Design Management) – IADE - Faculdade de Design, Tecnologia e Comunicação da Universidade Europeia, Lisboa, 2021.
- AMIGO, Carolina Román. *Design aplicado ao aproveitamento de resíduos de madeira nativa certificada*. 2007. Monografia (Trabalho Final de Graduação) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- AMIRUDIN, A. M. B. *An Approach towards Sustainability and Energy Efficiency with Biomimicry*. LDB 1042/LCB 1042: Academic Writing, January Semester 2018.
- AQUAPORIN A/S. *Annual Report 2023*. Kongens Lyngby: Aquaporin A/S, 2024.
- AQUAPORIN A/S. *Half-Year Report 2024*. Kongens Lyngby: Aquaporin A/S, 2024.
- AQUAPORIN. *Half-Year Interim Report 2024*. Denmark: [s.n.], 2024.
- ARAÚJO, Rodrigo Barbosa de. *Estratégias de leveza e resistência no tecido vegetal do escapo floral da Agave sisalana: design bioinspirado de materiais e estruturas com modelagem paramétrica para artefatos de surf sustentáveis*. 2023. Tese (Doutorado em Design) –

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Design, Recife, 2023.

ARRUDA, Amilton J. V.; DI BARTOLO, Carmelo; LANGELLA, Carla. Design bioinspirado: evolução da cultura do projeto. DIID - Disegno Industriale - Industrial Design, n. 78, 2022.

AVLONAS, Nikos; NASSOS, George P. Practical sustainability strategies: how to gain a competitive advantage. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2020.

BADARNAH, Lidia; KADRI, Usama. A methodology for the generation of biomimetic design concepts. *Architectural Science Review*, 2014. DOI: 10.1080/00038628.2014.922458.

BADARNAH, Lidia. Form follows environment: biomimetic approaches to building envelope design for environmental adaptation. *Buildings*, v. 7, n. 2, p. 40, 2017.

BADARNAH, Lidia. Towards the LIVING envelope: Biomimetics for building envelope adaptation. 2012. Tese (Doutorado) – Technische Universiteit Delft, Delft, 2012.

BAR-COHEN, Yoseph. Biomimetics—using nature to inspire human innovation. *Bioinspiration & Biomimetics*, v. 1, p. P1–P12, 2006. DOI: 10.1088/1748-3182/1/1/P01.

BAR-COHEN, Yoseph. *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies*. Boca Raton: CRC Press, 2006.

BAR-COHEN, Yoseph. *Biomimetics: Nature-Based Innovation*. Boca Raton: CRC Press, 2011. ISBN 978-1-4398-3477-0.

BARZOLA, M. V.; RIBEIRO, R. A. C. (Org.). *Creatividad solidaria e Innovación social en América Latina*. Buenos Aires: Universidad de Palermo, 2020.

BASTIDAS PÉREZ, A.; MARTÍNEZ, H. R. *Diseño Social: Enfoques, conceptos y proyectos de Diseño Industrial*. Bogotá: Fundación Universidad Autónoma de Colombia, 2016.

BAUMEISTER, Dayna; BENYUS, Janine M.; DWYER, Jamie; RITTER, Sherry; TOCKE, Rose. *Biomimicry Resource Handbook: A Seed Bank of Best Practices*. Biomimicry Institute, 2006. BECKETT, Stephen J. *The Logic of the Design Problem: A Dialectical Approach*. *Design Issues*, v. 33, n. 4, p. 5-17, 2017. DOI: 10.1162/DESI_a_00470.

BENYUS, Janine M. *Biomimicry resource handbook: a biomimicry primer*. Biomimicry Institute, 2011.

BENYUS, Janine M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Harper Perennial, 2002.

BERNHARDT TEXTILES. Ross Lovegrove. Disponível em: <https://bernhardttextiles.com/designers/ross-lovegrove/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

BIEL, Robert. Built systems, biomimicry and urban food-growing. In: _____. Sustainable Food Systems: The Role of the City. UCL Press, 2016. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/j.ctt1j1vzc5.14>>. Acesso em: 12 fev. 2025.

BIOMIMICRY 3.8. Design for Life: Nature-Inspired Strategies for Innovation. ConsGlobal, 2020.

BIXLER, G. D.; BHUSHAN, B. Fluid Drag Reduction with Shark-Skin Riblet Inspired Microstructured Surfaces. *Advanced Functional Materials*, v. 23, p. 4507–4528, 2013. DOI: 10.1002/adfm.201203683.

BLOK, V.; GREMMEN, B. Ecological Innovation: Biomimicry as a New Way of Thinking and Acting Ecologically. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, v. xx, n. xx, p. xx-xx, 2016. DOI: 10.1007/s10806-015-9596-1.

BORJA DE MOZOTA, Brigitte. Design Management: Using Design to Build Brand Value and Corporate Innovation. New York: Allworth Communications, 2003.

BRAIDA, Frederico; ZANCANELI, Mariana Alves; GOUVÊA, Isabela; CHAGAS, Icaro. Biomimicry: an approach from the CumInCAD database. In: XXIV International Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics (SIGraDi). Medellín, Colômbia, 2020.

BRANSON, Richard. Screw Business As Usual. New York: Portfolio/Penguin, 2011.

BRAUNGART, Michael; McDONOUGH, William. Cradle to cradle: remaking the way we make things. New York: North Point Press, 2002.

BROGIN, Bruna et al. Naturalismo e design: da mão à colher. [s.l.], [s.n.], [s.d.].

BROWN, Hillary. Next Generation Infrastructure: Principles for Post-Industrial Public Works. Washington, DC: Island Press, 2014.

BROWN, Tim. Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation. Harper Business, 2009.

BUCHANAN, R. Wicked Problems no Pensamento de Design. *Estudos em Design*, v. 30, n. 1, p. 06–27, 2022.

BURTON, Richard M.; OBEL, Børge. Strategic Organizational Diagnosis and Design: Developing Theory for Application. Boston: Springer US, 1995. ISBN 978-1-4684-0025-0.

CAMARGO, Maytê Galvão Pereira de; PELEGRIINI, Alexandre Vieira. Biomimetismo aplicado ao design sustentável no ambiente construído: uma revisão bibliográfica sistemática. *Blucher Design Proceedings*, v. 1, n. 4, 2014. Disponível em: <www.proceedings.blucher.com.br/evento/11ped>. Acesso em: 21 ago. 2025.

CAMPOS, Luis A.; DIETRICH, Michael R.; SARAIVA, Tiago; YOUNG, Christian C. *Nature remade: engineering life, envisioning worlds*. Chicago: The University of Chicago Press, 2021.

CAPRA, Fritjof; LUISI, Pier Luigi. The systems view of life: a unifying vision. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

CAPRA, Fritjof. A ciência de Leonardo da Vinci: um mergulho profundo na mente do grande gênio da Renascença. São Paulo: Cultrix, 2007.

CAPRA, Fritjof. The web of life: a new scientific understanding of living systems. New York: Anchor Books, 1996.

CARDOSO, Rafael. Design para um mundo complexo. São Paulo: Cosac Naify, 2013.

CATTABRIGA, Andrea. Design tools for alternative narratives. DIID - Disegno Industriale - Industrial Design, n. 73, 2021.

CENTRE POMPIDOU. *Collections permanentes: Ross Lovegrove*. Disponível em: <https://www.centrepompidou.fr/>. Acesso em: 21 mar. 2024.

CHAURASIA, M.; SRIVASTAVA, S. Biomimicry and its Applications – A Review. International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, v. 4, n. 12, p. 545-549, abr. 2020.

CHIAVENATO, Idalberto. Administração: teoria, processo e prática. 6. ed. Barueri, SP: Atlas, 2022.

CHRISTENSEN, Clayton M.; RAYNOR, Michael E. *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. Boston: Harvard Business School Press, 2003.

CICHOCKI, Patricia; IRWIN, Christine. Organization design: a guide to building effective organizations. London: Kogan Page, 2011.

CLELAND, David L.; IRELAND, Lewis R. Project Management: Strategic Design and Implementation. New York: McGraw-Hill, 2002.

CLIPPINGER, John Henry. The Biology of Business: Decoding the Natural Laws of Enterprise. San Francisco: John Wiley & Sons, Inc., 1999.

COLLINS, Katherine. The Nature of Investing: Resilient Investment Strategies Through Biomimicry. Brookline: Bibliomotion, 2014.

CORRÊA, P. E.; TEIXEIRA, F. G.; MALDONADO, P. J. Design-by-Analogy: proposta para um modelo de ferramenta computacional de auxílio ao processo de design. *Design & Tecnologia*, v. 14, 2017.

COSTA, João José Soares. Biotecnologia e Biomimetismo: Contributos Inovadores para a Ecoeficiência da Indústria da Construção. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Braga, 2014.

COSTA, Silvia Kimo (Org.). Aspectos biossistêmicos do espaço construído: coletânea de artigos. Universidade Federal do Sul da Bahia, 2021.

COUTINHO, A.; PENHA, A. Design estratégico a partir do futuro. Harvard Business Review Brasil, set. 2015. Disponível em: <http://hbrbr.uol.com.br/design-estrategico-partir-do-futuro/>. Acesso em: 02 dez. 2025.

COUTINHO, André. Hackeando os negócios: strategic design. Revista Digital PerSpectiva, 2017.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. 6. ed. SAGE Publications, 2023. ISBN 9781071817940.

CUMBERS, John; SCHMIEDER, Karl. What's Your Bio Strategy?: How to Prepare Your Business for the Age of Synthetic Biology. Pulp Bio Books, 2017. ISBN 978-0-9993136-1-9.

DAILY, Gretchen C. (Ed.). Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington, D.C.: Island Press, 1997.

DARGENT, E. Biomimicry for Business? A business literature and critical review of nature's principles applied to business practice, as suggested by Biomimicry for Creative Innovation. Exeter: University of Exeter, 2011. Dissertação (Master of Business Administration) — University of Exeter Business School, 2011.

DASGUPTA, Partha. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. London: HM Treasury, 2021. ISBN 978-1-911680-29-1.

DE PAUW, I. C.; KARANA, E.; KANDACHAR, P. V.; POPPELAARS, F. Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a Case Study of Student Design Projects. *Journal of Cleaner Production*, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.04.077.

DE PAUW, Ingrid. Nature-inspired design: strategies for sustainable product development. Delft: Delft Academic Press, 2015.

DESIGNWANTED. Ross Lovegrove: 10 Iconic Designs. Disponível em: <https://designwanted.com/ross-lovegrove-iconic-designs/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

DIAS, Cícero; MASSI, Augusto. *Eu vi o mundo*. São Paulo: Cosac Naify, 2011.

DICKS, Henry. The Biomimicry Revolution: Learning from Nature How to Inhabit the Earth. New York: Columbia University Press, 2023.

DOMINGO-POSADA, Elías; GONZÁLEZ-TORRE, Pilar L.; VIDAL-SUÁREZ, Marta M. Sustainable development goals and corporate strategy: A map of the field. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, p. 1–16, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/csr.2717>. Acesso em: 13 ago. 2024.

DUPIM, D. A. A. Economia circular e biomimética: uma análise no contexto de sistemas regenerativos. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

EHN, Pelle; NILSSON, Elisabet M.; TOPGAARD, Richard (Ed.). *Making Futures: Marginal Notes on Innovation, Design, and Democracy*. Cambridge: MIT Press, 2014. ISBN 978-0-262-02793-9.

EL-ZEINY, R. M. A. Biomimicry as a Problem Solving Methodology in Interior Architecture. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 50, p. 502–512, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.08.054.

ELKINGTON, John; KNIGHT, Peter; HAILES, Julia. *The Green Business Guide: How to Take Up—and Profit From—the Environmental Challenge*. Orion, 1992. ISBN 9780575046757.

ELKINGTON, John. *Green Swans: The Coming Boom in Regenerative Capitalism*. Greenleaf Book Group, 2020.

EXAME. Buscas pelo termo ESG aumentam dez vezes no Google em dois anos. Disponível em: <https://exame.com/negocios/termo-esg-aumentam-google/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

FARNSWORTH, Margo. *Biomimicry and Business: How Companies Are Using Nature's Strategies to Succeed*. New York: Routledge, 2021.

FAYEMI, P. E.; WANIECK, K.; ZOLLFRANK, C.; MARANZANA, N.; AOUSSAT, A. Biomimetics: process, tools and practice. *Bioinspiration & Biomimetics*, v. 12, n. 1, p. 011002, 2017. DOI: 10.1088/1748-3190/12/1/011002.

FERNHABER, Stephanie A.; STARK, Alyssa Y. Biomimicry: new insights for entrepreneurship scholarship. *Journal of Business Venturing Insights*, v. 12, p. e00137, 2019

FERWATI, M. Salim; ALSUWAIDI, Maryam; SHAFAGHAT, Arezou; KEYVANFAR, Ali. *Employing biomimicry in urban metamorphosis seeking for sustainability: case studies*. *ACE: Architecture, City and Environment*, 2019. DOI: 10.5821/ace.14.40.6460.

FINDELI, Alain. Rethinking Design Education for the 21st Century: Theoretical, Methodological, and Ethical Discussion. *Design Issues*, v. 17, n. 1, p. 5-17, 2001.

GABLER-SMITH, Molly K.; LAUDER, George V. Ridges and riblets: Shark skin surfaces versus biomimetic models. *Frontiers in Marine Science*, v. 9, p. 975062, 2022. DOI: 10.3389/fmars.2022.975062.

GAGO, I. L. *Canvas Biomimético: Modelando Negócios Circulares*. Ciconia Consultores Ambientales S.L., 2020.

GALBRAITH, Jay R. *Designing organizations: strategy, structure, and process at the business unit and enterprise levels*. 3rd ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2014

GAMARANO, Daniel de Souza; DIAS, Victória Carolina Pinheiro Lopes; RICALDONI, Thaís Falabella. Biomimética e Design: um estudo sobre a potencialização da criatividade para métodos de desenvolvimento de produtos inspirados na natureza. *Revista de Design e Tecnologia*, v. 7, p. 45-60, 2016.

GEBESHUBER, I. C.; DRACK, M. An attempt to reveal synergies between biology and mechanical engineering. *Journal of Mechanical Engineering Science*, v. 222, n. 7, p. 1281-1290, 2008. DOI: 10.1243/09544062JMES890.

GLEICH, Armin; PADE, Christian; PETSCHOW, Ulrich; PISSARSKOI, Eugen. *Potentials and Trends in Biomimetics*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. ISBN 978-3-642-05245-3.

GODELNIK, Raz. *Rethinking Corporate Sustainability in the Era of Climate Crisis: A Strategic Design Approach*. 1. ed. Cham: Palgrave Macmillan, 2021.

GRAEFF, Eliot et al. Biomimetics from practical feedback to an interdisciplinary process. *Research in Engineering Design*, v. 32, p. 367-385, 2021. DOI: 10.1007/s00163-021-00356-x.

GRANET, Keith. *The Business of Design: Balancing Creativity and Profitability*. 1. ed. New York: Princeton Architectural Press, 2013.

HARARI, Yuval Noah. *Homo Deus: A Brief History of Tomorrow*. New York: HarperCollins, 2019.

HARARI, Yuval Noah. Na batalha contra o coronavírus, faltam líderes à humanidade. São Paulo: Companhia das Letras, [s.d.].

HARARI, Yuval Noah. *Sapiens: Uma breve história da humanidade*. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

HARKNESS, J.; PENNELL, B. E.; SCHOUA-GLUSBERG, A. Survey questionnaire translation and assessment. In: PRESIS, S.; COUPER, M. P.; ROTHGEB, J. M.; LEPKOWSKI, J. M.; TUCKER, C.; SINGER, E. (org.). *Methods for testing and evaluating survey questionnaires*. New York: Wiley, 2004. v. 546, p. 453-473.

HARMAN, Jay. *The Shark's Paintbrush: Biomimicry and How Nature is Inspiring Innovation*. Ashland, OR: White Cloud Press, 2013.

HARVARD BUSINESS REVIEW. *ESG: The Insights You Need from Harvard Business Review*. Harvard Business Review Press, 2023.

HARVARD BUSINESS REVIEW. *HBR's 10 Must Reads on Business Model Innovation*. Harvard Business Review Press, 2019.

HAWKEN, Paul. *Regeneration: ending the climate crisis in one generation*. New York: Penguin Books, 2021.

HAWKEN, Paul. *The Ecology of Commerce*. New York: HarperCollins, 2013.

HAYES, Samantha; DESHA, Cheryl; BAUMEISTER, Dayna. Learning from nature – Biomimicry innovation to support infrastructure sustainability and resilience. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 161, p. 120287, 2020. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120287.

HELMS, Michael; VATTAM, Swaroop S.; GOEL, Ashok K. Biologically inspired design: process and products. *Design Studies*, v. 30, n. 5, p. 606-622, 2009. DOI: 10.1016/j.destud.2009.04.003.

HUTCHINS, Giles. *The nature of business: redesigning for resilience*. Totnes: Green Books, 2012

INGOLD, Tim. *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*. London; New York: Routledge, 2000. ISBN 0-415-22831-X.

ISO. ISO 18458:2015 - Biomimetics: Terminology, Concepts and Methodology. Geneva: International Organization for Standardization, 2015.

ITAMAR SILVA, Wedsley Melo; TORRES, Pablo. Biomimetic of Xerophilous Plants in the Design of Water Storage Systems. *Focus Journal*, v. 28, p. 29-35, 2020.

JOHNSON, Mark W. *Reinvent Your Business Model: How to Seize the White Space for Transformative Growth*. Boston: Harvard Business Review Press, 2018.

JOLY, Hubert. *The Heart of Business: Leadership Principles for the Next Era of Capitalism*. Boston: Harvard Business Review Press, 2021.

JONES, Bobby; AZIZ, Afdhel. *Good Is the New Cool: Market Like You Give a Damn*. Independently Published, 2019. ISBN 9780578315294.

JORGE, Gabriel Gallina; COSTA, Filipe Campelo Xavier da. O lugar da discussão estratégica e o nível reflexivo em design. *e-Revista LOGO*, v. 6, n. 2, 2017.

KAPLAN, Rachel; KAPLAN, Stephen. *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. ISBN 0-521-34139-6.

KATES, Amy; GALBRAITH, Jay R. *Designing your organization: using the Star Model to solve 5 critical design challenges*. San Francisco: Jossey-Bass, 2007

KAYAT, C.; MAGALHÃES, C. Experimentos biomiméticos e novas tecnologias digitais para o design de embalagem. *DATJournal*, v. 2, n. 2, 2017.

KELLEY, David; KELLEY, Tom. *Creative Confidence: Unleashing the Creative Potential Within Us All*. Crown Business, 2013. ISBN 9780385349369.

KELLEY, Tom. *The Art of Innovation: Lessons in Creativity from IDEO, America's Leading Design Firm*. London: Profile Books, 2016. ISBN 978-1-84765-678-0.

KENNEDY, E.; FECHEYR-LIPPENS, D.; HSIUNG, B. K.; NIEWIAROWSKI, P. H.; KOŁODZIE, M. Biomimicry: A Path to Sustainable Innovation. *Design Issue*, v. 31, n. 3, p. xx-xx, Summer 2015.

KENNEDY, Emily; FECHEYR-LIPPENS, Daphne; HSIUNG, Bor-Kai; NIEWIAROWSKI, Peter H.; KOŁODZIEJ, Matthew. Biomimicry: A Path to Sustainable Innovation. *Design Issues*, v. 31, n. 3, p. 66-81, 2015. DOI: 10.1162/DESI_a_00339.

KHAN, Amina. *Adapt: How Humans Are Tapping into Nature's Secrets to Design and Build a Better Future*. New York: St. Martin's Press, 2017. ISBN 978-1-4668-6563-1.

KIM, Younsung; RUEDY, Daniel. Mushroom Packages: An Ecovative Approach in Packaging Industry. In: *Springer Handbook of Sustainable Packaging*. Springer, 2019. DOI: 10.1007/978-3-319-53121-2_27-1.

KISTMANN, Virginia Borges. *Gestão de design, inovação e sociedade*. Curitiba: UFPR, 2019

KOHSAKA, Ryo; FUJIHIRA, Yoshinori; UCHIYAMA, Yuta. Biomimetics for business? Industry perceptions and patent application. *Journal of Science and Technology Policy Management*, v. 10, n. 3, p. 597-616, 2019. DOI: 10.1108/JSTPM-05-2018-0052.

KOPNINA, Helen; POLDNER, Kim (org.). *Circular Economy: Challenges and Opportunities for Ethical and Sustainable Business*. Abingdon: Routledge, 2022.

KOTLER, Philip; KARTAJAYA, Hermawan; HUAN, Hooi Den; MUSSRY, Jacky. *Entrepreneurial marketing: beyond professional marketing*. [S.l.]: [s.n.], [s.d.].

KOTLER, Philip; PFOERTSCH, Waldemar; SPONHOLZ, Uwe. *H2H Marketing: the genesis of human-to-human marketing*. Cham: Springer International Publishing, 2021.

KOWALCZYK, Stefan W.; BLOSSER, Timothy R.; DEKKER, Cees. Biomimetic nanopores: learning from and about nature. *Trends in Biotechnology*, v. 29, n. 12, p. 607-617, 2011. DOI: 10.1016/j.tibtech.2011.07.006.

LADD, Ted et al. The Platform Canvas—Conceptualization of a Design Framework for Multi-Sided Platform Businesses. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, v. 3, n. 1, p. 23-41, 2020. DOI: 10.1177/2515127420959051.

LADD, Ted; LANTERI, Alessandro. *Innovating with Impact*. The Economist Edge Series. [S.l.]: The Economist, 2023.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de Metodologia Científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LALOUX, Frederic. *Reinventing Organizations - Illustrated Invitation Edition*. Nelson Parker, 2016.

LANGELLA, Carla; ARRUDA, Amilton J. V.; DI BARTOLO, Carmelo. Revisando a biomimética: oportunidades e ambiguidades no design bioinspirado. DIID - Disegno Industriale - Industrial Design, n. 75, 2021.

LEAVY, Patricia. Research Design: Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, and Community-Based Participatory Research Approaches. 2. ed. New York: The Guilford Press, 2022.

LEAVY, Patricia. Research Design: Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, and Community-Based Participatory Research Approaches. 2. ed. The Guilford Press, 2022. ISBN 9781462548972.

LEMUS-AGUILAR, Isaac et al. Sustainable Business Models through the Lens of Organizational Design: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, v. 11, n. 5379, 2019.

LENAU, Torben Anker; ORRÙ, Anna Maria; LINKOLA, Lilli. Biomimicry in the Nordic Countries. Nordic Working Papers, Nordic Council of Ministers, 2018. DOI: 10.6027/10.6027/NA2018-906.

LEPORA, Nathan F.; VERSCHURE, Paul; PRESCOTT, Tony J. The state-of-the-art in biomimetics. *Bioinspiration & Biomimetics*, v. 8, n. 1, p. 013001, 2013. DOI: 10.1088/1748-3182/8/1/013001.

LOVEGROVE, Ross. Super-Natural: parametricism in product design. [S.l.: s.n.], 2016.

LURIE-LUKE, Elena. Product and technology innovation: What can biomimicry inspire? *Biotechnology Advances*, v. 32, n. 8, p. 1494-1505, 2014. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2014.10.002.

MACNAB, Maggie. Design by Nature: Using Universal Forms and Principles in Design. Berkeley: New Riders, 2012.

MAEDA, John. The Laws of Simplicity. Cambridge: MIT Press, 2012.

MANZINI, Ezio. Design, when everybody designs: an introduction to design for social innovation. Cambridge: MIT Press, 2015.

MANZINI, Ezio. Livable Proximity: Ideas for the City that Cares. Milano: Bocconi University Press, 2022.

MANZINI, Ezio. Politics of the Everyday. Tradução de Rachel Anne Coad. Londres: Bloomsbury Visual Arts, 2019. ISBN 978-1-3500-5365-6.

MARCUS, Joel; KURUCZ, Elizabeth C.; COLBERT, Barry A. Conceptions of the Business–Society–Nature Interface: Implications for Management Scholarship. *Business & Society*, v. 49, n. 3, p. 402-438, 2010. DOI: 10.1177/0007650310368827.

MARGOLIN, Victor. The Politics of the Artificial: Essays on Design and Design Studies. Chicago: University of Chicago Press, 2002. ISBN 0-226-50503-0.

MATHEWS, Freya. Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry. *Organization & Environment*, v. 24, n. 4, p. 364-385, 2011. DOI: 10.1177/1086026611425689.

MEAD, Taryn; JEANRENAUD, Sally. The elephant in the room: biomimetics and sustainability? *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, [s.l.], 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1680/jbibn.16.00012>. Acesso em: [data de acesso].

MEAD, Taryn. *Bioinspiration in Business and Management: Innovating for Sustainability*. New York: Business Expert Press, 2018. ISBN 978-1-63157-224-1.

MEADOWS, Donella H. *Thinking in systems: a primer*. White River Junction: Chelsea Green Publishing, 2008.

MEADOWS, Donella H.; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. *Limits to Growth: The 30-Year Update*. Chelsea Green Publishing, 2004.

MUSEU DE ARTE MODERNA (MoMA). *Ross Lovegrove Collection*. Disponível em: <https://www.moma.org>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MONTANARI, Roberto. Product advanced design: a cultural intermediation between knowledge and information. *DIID - Disegno Industriale - Industrial Design*, n. 74, 2021.

MOOTEE, Idris. *Design Thinking for Strategic Innovation: What They Can't Teach You at Business or Design School*. Hoboken, NJ: Wiley, 2013.

MORIN, Edgar. *Introdução ao Pensamento Complexo*. Tradução de Eliane Lisboa. Porto Alegre: Editora Sulina, 2005.

MORONI, Isabela; ARRUDA, Amilton. Modelos de negócios biomiméticos: novas oportunidades em campo biológico. In: *14º Congresso Brasileiro de Design. Anais* [...]. UFPE, 2022.

MUELLER, Rolf et al. Biodiversifying bioinspiration. *Bioinspiration & Biomimetics*, [s.l.], 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-3190/aac96a>. Acesso em: 20 dez. 2024.

NAESS, Arne. *Ecology, Community and Lifestyle: Outline of an Ecosophy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. ISBN 0-521-34406-9.

NOETH, Kristyn. *The ESG and Sustainability Deskbook for Business: A Guide to Policy, Regulation, and Practice*. 1. ed. Apress, 2024.

OGUNTONA, Olusegun Aanuoluwapo; AGBAVBOA, Clinton Ohis. *Biomimicry and sustainable building performance: a nature-inspired sustainability guide for the built environment*. New York: Routledge, 2024.

OLAIZOLA, Edita; MORALES-SÁNCHEZ, Rafael; EGUILUREN HUERTA, Marcos. Biomimetic leadership for 21st-century companies. *Biomimetics*, v. 6, n. 3, p. 47, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biomimetics6030047>. Acesso em: 20 dez. 2024.

OLAIZOLA, Edita; MORALES-SÁNCHEZ, Rafael; EGUILUREN HUERTA, Marcos. Biomimetic Organisations: A Management Model that Learns from Nature. *Sustainability*, v. 12, n. 6, p. 2329, 2020. DOI: 10.3390/su12062329.

OLIVEIRA, Brunna Pereira de; PIRES, Janice de Freitas. Biomimética, geometria complexa e modelagem paramétrica: uma estrutura de saber para arquitetura. *Mix Sustentável*, v. 8, n. 5, p. 63-73, 2022. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n5.63-73.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves; SMITH, Alan; BERNARDA, Greg; PAPADAKOS, Patricia. *Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014. ISBN 978-1-118-96805-5.

PALOMBINI, Felipe Luis; MUTHU, Subramanian Senthilkannan. *Bionics and Sustainable Design*. Singapore: Springer, 2022.

PATEK, S. N. Biomimetics and evolution. *Science*, v. 345, n. 6203, p. 1448, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1256617>. Acesso em: 20 dez. 2024.

PAULI, Gunter. Seamos tan inteligentes como la naturaleza: agricultura tridimensional y otras doce tendencias imparables que están revolucionando la producción de alimento y combustible, regenerando la naturaleza y reconstruyendo comunidades. Tradução de Ambrosio García Leal. [S.l.]: Metatemas, 2018.

PEDERSEN ZARI, Maibritt. *Regenerative urban design and ecosystem biomimicry*. London: Routledge, 2018.

PEREIRA, Andréa Franco; DEL GAUDIO, Chiara (Orgs.). *Ecovisões projetuais: pesquisas em design e sustentabilidade no Brasil*. São Paulo: Blucher, 2021

PETERS, Terri. *Nature as Measure: The Biomimicry Guild*. [s.l.], [s.n.], 2011.

PHILIPS. *Ross Lovegrove Exhibition*. Disponível em: <https://www.phillips.com/artist/1956/ross-lovegrove>. Acesso em: 12 fev. 2025.

PHILIPPE, Terrier; GLAUS, Mathias; RAUFFLET, Emmanuel. *BiomimETRIC Assistance Tool: A Quantitative Performance Tool for Biomimetic Design*. *Biomimetics*, v. 4, n. 49, 2019. DOI: 10.3390/biomimetics4030049.

POHL, Göran; NACHTIGALL, Werner. *Biomimetics for Architecture & Design: Nature – Analogies – Technology*. Cham: Springer, 2015.

PORRITT, Jonathon. *Capitalism as if the World Matters*. London: Earthscan, 2007.

PORTER, Michael E.; KRAMER, Mark R. Criação de valor compartilhado. *Harvard Business Review*, v. 89, n. 1/2, p. 62-77, 2011.

PREIS, Michael W.; FREDERICK, Matthew. 101 things I learned in business school. 2. ed. New York: Crown, 2021.

PRIMROSE, Sandy B. Biomimetics: Nature-Inspired Design and Innovation. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2020.

PT_TATE, Wendy L. et al. Gerir para o triple bottom line através da criação de valor econômico, ecológico e social. Recursos, Conservação e Reciclagem, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.023>. Acesso em: 24 nov. 2024.

PUC-RIO. O ensino de projeto na graduação em design no Brasil: o discurso da prática pedagógica. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2017.

QUERESHI, Saad. How students engage in biomimicry. *Journal of Biological Education*, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1841668>. Acesso em: 02 dez. 2024.

RAWLS, John. *A Theory of Justice*. Revised ed. Cambridge, MA: Belknap Press, 1999.

RAWORTH, Kate. *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing, 2017.

REAP, John; BAUMEISTER, Dayna; BRAS, Bert. Holism, biomimicry and sustainable engineering. In: *Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, Orlando, FL, USA, 2005.

REISEN, Kirsten; TECHEMACHER, Ulrich; NIEHUES, Michael; REINHART, Gunther. Biomimetics in production organization – a literature study and framework. *Journal of Bionic Engineering*, v. 13, p. 200–212, 2016. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1672-6529\(16\)60294-9](https://doi.org/10.1016/S1672-6529(16)60294-9). Acesso em: 24 out. 2024.

RICHARDSON, Philip. *Fitness for the future: applying biomimetics to business strategy*. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – University of Bath, Bath, 2010.

ROBSON, Colin; MCCARTAN, Kieran. *Real World Research*. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2016.

LOVEGROVE, Ross; BRAYER, Marie-Ange. *Ross Lovegrove: convergence*. Catálogo publicado por ocasião da exposição realizada no Centre Pompidou, Galerie 3, de 12 de abril a 3 de julho de 2017, no âmbito da iniciativa "Mutations/Créations". Paris: Centre Pompidou, 2017.

LOVEGROVE, Ross. *Official Website*. Disponível em: <https://www.rosslovegrove.com>. Acesso em: 12 fev. 2025.

ROVALO, Erin; MCCARDLE, John; SMITH, Ethan; HOOKER, Gretchen. Growing the practice of biomimicry: opportunities for mission-based organisations based on a global survey of

practitioners. Technology Analysis & Strategic Management, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1634254>. Acesso em: [data de acesso].

San Diego Zoo Global. Bioinspiration: An Economic Progress Report. San Diego: Fermanian Business & Economic Institute, 2013.

SAN DIEGO ZOO GLOBAL. Bioinspiration: an economic progress report. San Diego: Fermanian Business & Economic Institute, 2013.

SANFORD, Carol. The Responsible Business: Reimagining Sustainability and Success. San Francisco: Jossey-Bass, 2011.

SANTOS, Claudemilson dos. O desenho como processo de aplicação da biomimética na arquitetura e no design. Tópos, v. 4, n. 2, p. 144-192, 2010.

SCHATTEN, Markus; ŽUGAJ, Miroslav. Biomimetics in modern organizations: laws or metaphors? Interdisciplinary Description of Complex Systems, v. 9, n. 1, p. 39-55, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/227655602>. Acesso em: 12 dez. 2024.

SCHNEIDER, Eric D.; SAGAN, Dorion. Into the cool: energy flow, thermodynamics, and life. Chicago: University of Chicago Press, 2006

SCHWAB, Klaus. A quarta revolução industrial. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SEN, Amartya. Rationality and Freedom. Cambridge: Harvard University Press, 2002. ISBN 978-0674008359.

SEN, Amartya. The Idea of Justice. Cambridge: Belknap Press, 2009. ISBN 978-0-674-03613-0.

SHYAM, Vikram; EGGERMONT, Marjan; HEPP, Aloysius F. Biomimicry for Aerospace: Technologies and Applications. Amsterdam: Elsevier, 2022. ISBN 978-0-12-821074-1.

SIMON, Herbert A. The Sciences of the Artificial. 3. ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.

SINGER, Peter. Ethics in the real world: 90 brief essays on things that matter. Melbourne: Text Publishing, 2023.

SMITH, Cas; BERNETT, Allison; HANSON, Erika; GARVIN, Chris. Tapping into Nature: The Future of Energy, Innovation, and Business. Terrapin Bright Green, 2016.

SOBOYEJO, Wole; DANIEL, Leo (Ed.). Bioinspired Structures and Design. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. ISBN 978-1-107-01558-6.

SOLOMON, Lewis D. Synthetic Biology: Science, Business, and Policy. New Brunswick: Routledge, 2012.

SÓTER, Clarissa Menezes de Azevedo. O fator verde no Design Thinking Canvas: estudo inicial da adaptabilidade da metodologia frente aos desafios sustentáveis. 2016. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Design e Ergonomia, Recife, 2016.

SPECK, T.; SPECK, O. Process Sequences in Biomimetic Research. *Design and Nature IV*, WIT Transactions on Ecology and the Environment, v. 114, 2008. DOI: 10.2495/DN080011.

SUANNO, Marilza Vanessa Rosa; HOELZEL, Carlos Gustavo Martins. Biodesign: uma ecoaprendizagem: conhecimento, consciência e novas relações com a vida. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, v. 24, p. 33-45, jul. 2020. DOI: 10.17561/reid.n24.2.

SZEKELY, Francisco; DOSSA, Zahir. *Beyond the triple bottom line: eight steps toward a sustainable business model*. Cambridge: MIT Press, 2017.

TAMAYO, Unai; VARGAS, Gustavo. Biomimetic economy: human ecological-economic systems emulating natural ecological systems. *Social Responsibility Journal*, v. 15, n. 6, p. 772-785, 2019. DOI: 10.1108/SRJ-09-2018-0241.

TATE, Wendy L. et al. Seeing the forest and not the trees: Learning from nature's circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 149, p. 115-129, 2019. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.05.023.

TORGAL, Fernando Pacheco et al. *Biotechnologies and biomimetics for civil engineering*. Cham: Springer, 2015.

UCHIYAMA, Yuta; BLANCO, Eduardo; KOHSAKA, Ryo. Application of Biomimetics to Architectural and Urban Design: A Review across Scales. *Sustainability*, v. 12, n. 9813, 2020.

ULHØI, John P. From innovation-as-usual towards unusual innovation: using nature as an inspiration. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, v. 10, n. 2, 2021. DOI: 10.1186/s13731-020-00138-0.

VAN DER LINDEN, Júlio Carlos de Souza; BRUSCATO, Underléa Miotto; BERNARDES, Maurício Moreira e Silva (Orgs.). *Design em pesquisa*: vol. II. Porto Alegre: Marcavvisual, 2018.

VATTAM, Swaroop S.; HELMS, Michael E.; GOEL, Ashok K. A content account of creative analogies in biologically inspired design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, v. 24, n. 4, p. 467-481, 2010. DOI: 10.1017/S089006041000034X.

VELCRO S.A. Fastening device. Patente CH295638 A. Disponível em: [inserir link, se houver]. Acesso em: 20 set. 2024.

VERGANTI, Roberto. *Design-Driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radically Innovating What Things Mean*. Harvard Business Press, 2009. ISBN 9781422124826.

VERGANTI, Roberto. *Overcrowded: Designing Meaningful Products in a World Awash with Ideas*. MIT Press, 2016. ISBN 9780262035361.

VEZZOLI, Carlo; MANZINI, Ezio. *Design for Environmental Sustainability*. London: Springer-Verlag, 2008.

VICENT, Julian; CAVALLUCCI, Denis. Development of an ontology of biomimetics based on Altshuller's matrix. *IFIP AICT*, v. 541, p. 14-25, 2018. DOI: 10.1007/978-3-030-02456-7_2.

VINCENT, Julian F. V.; BOGATYREVA, Olga A.; BOGATYREV, Nikolaj R.; BOWYER, Adrian; PAHL, Anja-Karina. Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, v. 3, n. 9, p. 471-482, 2006. DOI: 10.1098/rsif.2006.0127.

VINCENT, Julian F. V.; MANN, Darrell L. Systematic technology transfer from biology to engineering. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 360, n. 1791, p. 159-173, 2002. DOI: 10.1098/rsta.2001.0923.

VINCENT, Julian Francis. Biomimetics—A Review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, v. 223, n. 8, p. 919-929, 2009. DOI: 10.1243/09544119JEIM561.

VITRA DESIGN MUSEUM. *Ross Lovegrove Exhibition*. Disponível em: <https://www.design-museum.de/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

VOCÊ RH. Quem tem medo das startups?. São Paulo: VOCÊ RH, 2017.

WAHL, Daniel Christian; BAXTER, Seaton. The designer's role in facilitating sustainable solutions. *Design Issues*, v. 24, n. 2, p. 72-83, 2008.

WAHL, Daniel Christian. *Designing regenerative cultures*. Axminster: Triarchy Press, 2016.

WANIECK, Kristina; FAYEMI, Pierre-Emmanuel; MARANZANA, Nicolas; ZOLLFRANK, Cordt; JACOBS, Shoshanah. Biomimetics and its tools. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, 2017. DOI: 10.1680/jbibn.16.00010.

WHEATLEY, Margaret J. *Leadership and the new science: discovering order in a chaotic world*. San Francisco: Berrett-Koehler, 2006.

WHITESIDES, George M. Bioinspiration: something for everyone. *Interface Focus*, v. 5, p. 20150031, 2015. DOI: 10.1098/rsfs.2015.0031.

WIEBKE, Liu. Biomimicry: Soluções da natureza para negócios sustentáveis. Disponível em: <https://youtu.be/Qi1jjdAtwRM>. Acesso em: 5 nov. 2024.

WITTMANN, Robert G. et al. *Strategy Design Innovation: How to Create Business Success Using a Systematic Toolbox*. readbox publishing GmbH, 2019.

WOMMER, Kirsten; WANIECK, Kristina. Biomimetic research for applications addressing technical environmental protection. *Biomimetics*, v. 7, n. 182, 2022. DOI: 10.3390/biomimetics7040182.

YETER, Ibrahim H.; TAN, Valerie Si Qi; LE FERRAND, Hortense. Conceptualization of Biomimicry in Engineering Context among Undergraduate and High School Students: An International Interdisciplinary Exploration. *Biomimetics*, v. 8, n. 125, 2023. DOI: 10.3390/biomimetics8010125.

YIN, Robert K. Case Study Research: Design and Methods. 4. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2008.

ZHANG, Ge. Biomimicry in biomedical research. *Organogenesis*, v. 8, n. 4, p. 101-102, 2012. DOI: 10.4161/org.23395.