

Maria Luiza Maia de Araújo

**A BIOMIMÉTICA COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE  
EDIFICAÇÕES RESILIENTES E PRODUÇÃO DE ABRIGOS PARA OS  
REFUGIADOS CLIMÁTICOS**

Belo Horizonte  
2021

Maria Luiza Maia de Araújo

**A BIOMIMÉTICA COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE  
EDIFICAÇÕES RESILIENTES E PRODUÇÃO DE ABRIGOS PARA OS  
REFUGIADOS CLIMÁTICOS**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sustentabilidade de Cidades, Edificações e Produtos da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade de Cidades, Edificações e Produtos.

Orientador: Professora Cynara Fiedler Bremer

Belo Horizonte  
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG  
Rua Paraíba, 697 – Funcionários  
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823

FAX (031) 3409-8822

## ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA MARIA LUIZA MAIA DE ARAÚJO, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS

Às dezessete horas do dia vinte de agosto de 2021, reuniu-se remotamente, por meio da plataforma *Teams*, a Comissão Examinadora composta pela professora Dra. Cynara Fiedler Bremer, Orientadora-Presidente, pelo Professor Dr. Fernando José da Silva e pela Engenheira MSc. Giane Brocco, designados pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos para avaliação da monografia intitulada “A Biomimética como ferramenta para o desenvolvimento de edificações resilientes e produção de abrigos para os refugiados climáticos”, de autoria da aluna Maria Luiza Maia de Araújo, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu pela sua aprovação, atribuindo-lhe a nota 90 (noventa) e ressaltando que a mesma deverá ser ajustada conforme as orientações da Comissão Examinadora em um prazo máximo de 15 dias, atendendo, assim, às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso. A Comissão recomenda também que seja encaminhado um exemplar da monografia para a Biblioteca da Escola de Arquitetura. Às dezoito horas e trinta minutos a Presidente deu por encerrada a reunião. Belo Horizonte, 20 de agosto de 2021.

Professora Dra. Cynara Fiedler Bremer  
Presidente

Fernando José  
da Silva

Professor Dr. Fernando José da Silva

Assinado de forma digital por  
Fernando José da Silva  
Dados: 2021.08.25 15:37:45  
-03'00'

DocuSigned by:

Engenheira MSc. Giane Brocco

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Universo, pela vida e pela oportunidade de me fazer perceber a importância do meio natural e a busca por valorizá-lo;

Aos meus pais Joaquim e Geralda, pelo amor incondicional, pela educação, e incentivo para questionar a realidade e a vida.

Aos meus amigos e familiares, pela paciência;

À Giane Brocco, pela atenção, disponibilidade e pioneirismo no desenvolvimento da biomimética no Brasil;

E à minha orientadora Cynara, que além de mediadora do conhecimento, foi, acima de tudo, motivadora no desafio de trabalhar um tema ainda pouco aplicado à arquitetura, engenharia civil e construção.

*“A genialidade do homem faz várias invenções, abrangendo com vários instrumentos o único e mesmo fim, mas nunca descobrirá uma invenção mais bela, mais econômica ou mais direta que a da natureza, pois nela nada falta e nada é supérfluo.”*

*(Leonardo Da Vinci)*

## RESUMO

Através de mecanismos e de estratégias desenvolvidas ao longo de bilhões de anos de evolução, a natureza constantemente enfrenta diversos desafios climáticos, ou relacionados ao seu ecossistema. Tais mecanismos aprimorados ao longo do tempo, poderiam ser utilizados como fonte de inspiração no desenvolvimento de produtos, sistemas, tecnologias e edificações, por exemplo.

Assim surgiu a Biomimética: um conceito criado na segunda metade do século XX e que vem ganhando notoriedade já no século XXI, ao ser traduzido como uma disciplina que tramita entre as áreas de biologia, design, computação, engenharia e arquitetura; e tem como objetivo aprender e desenvolver técnicas baseadas no estudo e na análise de soluções que a natureza já desenvolveu. Através deste trabalho, será demonstrado como tal disciplina se tornou uma oportunidade de incorporar aos projetos arquitetônicos novos conceitos e estratégias que visam a eficiência das edificações e a sua resiliência climática, além de contribuir para o desenvolvimento de materiais inovadores, multifuncionais e conseqüentemente a melhora do relacionamento entre o ser humano e o meio ambiente. Para isso, será estudado a biomimética aplicada na arquitetura e desenvolver uma proposta de abrigo para refugiados climáticos através da aplicação de técnicas bioinspiradas em organismos vivos, possibilitando solucionar temporariamente a falta de moradia daqueles indivíduos atingidos por desastres naturais provenientes da reação negativa da natureza quanto ao comportamento predatório do ser-humano.

Palavras-chave: Arquitetura, Sustentabilidade, Biomimética, Mudanças Climáticas

## **ABSTRACT**

Through mechanisms and strategies developed over billions of years of evolution, nature constantly faces several climate challenges, or those related to its ecosystem. Such mechanisms, improved over time, could be used as a source of inspiration in the development of products, systems, technologies and buildings, for example.

That is how Biomimicry emerged: a concept created in 20th century and which has been gaining notoriety in the 21st century, when translated as a discipline that moves between different areas such as biology, design, computing, engineering and architecture; and aims to learn and develop techniques based on the study and analysis of solutions that nature has already developed. Through this work, we will demonstrate how this discipline has become an opportunity to incorporate new concepts and strategies into architectural projects that aim building efficiency and climate resilience, as well as contributing to the development of innovative, multifunctional materials and consequently improving the relationship between human beings and the environment. For this, we will study the biomimetics applied in architecture and project a model of housing for climate refugees through the application of bioinspired techniques in living organisms, making it temporarily possible to solve the homelessness of those individuals, which was affected by natural disasters as a response from the nature's negative reaction over the human predatory behavior.

**Keywords:** Architecture, Sustainability, Biomimicry, Resilient Buildings, Climate Change.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Impactos provocados pelo setor da construção civil
FIGURA 2	Estrutura da Colmeia
FIGURA 3	Estrutura de Bolhas de Sabão
FIGURA 4	Estrutura Dos Olhos De Um Inseto
FIGURA 5	Comparação Entre o Hexágono e o Triângulo
FIGURA 6	Votu Hotel e a Toca do Cão de Pradaria
FIGURA 7	Seção de um bangalô do Votu Hotel
FIGURA 8	Votu Hotel e a solução de bloqueio da incidência solar encontrada nos cactos
FIGURA 9	Votu Hotel - Perspectiva 3D De Um Dos Bangalôs
FIGURA 10	Camarão - Esqueleto derivado da Quitina
FIGURA 11	Textura de Quitosana
FIGURA 12	Trabalho Realizado com Robô e Quitosana
FIGURA 13	Pavilhão Aguahoja - MOMA, 2020
FIGURA 14	Telha de Fibra de Coco e Tetra Pak
FIGURA 15	Produção De Espuma De Poliestireno X Isolamento À Base De Micélio
FIGURA 16	Painel N-SIP
FIGURA 17	Exemplo De Painéis Sip Tradicionais Sendo Utilizados Em Um Projeto Residencial.
FIGURA 18	Gráfico dos Princípios da Vida.
FIGURA 19	Elementos Essenciais Para A Prática Do Biomimetismo
FIGURA 20	Desafio De Biologia
TABELA 4	Critérios Adotados Para O Desenvolvimento Do Projeto
TABELA 4.1.1	Programa De Necessidades Do Concurso Público Skope Intercâmbio Cultural
TABELA 4.1.2	Programa De Necessidades Do Concurso Público Kaira Looro.



TABELA 4.1.3 Programa De Necessidades Desenvolvido Para O Projeto De Abrigo Para Refugiados Climáticos

FIGURA 21 Diagrama - Partido Arquitetônico

FIGURA 22 Fundação De Casa De Madeira - Utilização De Sapata Isolada

FIGURA 23 Fundação De Casa De Madeira - Utilização De Pneus

FIGURA 24 Planta Baixa - Honeycomb Hauss

FIGURA 25 Seção A - Honeycomb Hauss

FIGURA 26 Seção A - Honeycomb Hauss

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição.
DNA	O ácido desoxirribonucleico é um composto orgânico cujas moléculas contêm as instruções genéticas que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres vivos e alguns vírus, e que transmitem as características hereditárias de cada ser vivo.
FEBRACE	Feira Brasileira de Ciências e Engenharia.
MIT	Massachussets Institite of Tecnology.
MOMA	Museu de Arte Moderna de Nova Iorque.
N-SIP	Natural Structural Insulated Panels System ou painel natural isotérmico estrutural.
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio.
ODS	Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável.
ONU	Organização das Nações Unidas.
OSB	O Oriented Strand Board é um material derivado da madeira, composto por pequenas lascas de madeira orientadas em camadas cruzadas seguindo uma determinada direção, que lhe conferem alta resistência e rigidez. É um produto bastante usado na construção de edifícios de madeira, devido ao seu baixo custo e facilidade de aplicação.
RSU	Resíduos sólidos Urbanos.
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
SIP	Structural Insulated Panels System ou painel isotérmico estrutural.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1	<i>Objetivo geral</i>	14
2.2	Objetivos específicos	14
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>A relação entre homem e Natureza</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Desenvolvimento Sustentável e a crise do meio-ambiente</b>	<b>23</b>
3.2.1	Alguns aspectos sobre os impactos da crise climática na vida do ser humano	23
<b>3.3</b>	<b>A Revolução Biomimética</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Biomimética Aplicada</b>	<b>30</b>
3.4.1	A Analogia	30
3.4.2	Estudo de Caso - O Votu Hotel	35
3.4.3	Estudo de Caso - Materiais para a Construção Civil e <i>Material Ecology</i>	39
<b>3.5</b>	<b>Metodologia Para Projetos Biomiméticos</b>	<b>47</b>
3.5.1	Elementos Essenciais	49
3.5.2	As 4 Fases para o Desenvolvimento do Projeto	50
3.5.3	Plano para o Desenvolvimento de Projeto Arquitetônico de Biomimética	51
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>53</b>
4.1	Contextualizar, Descobrir e Criar	54
4.2	Avaliar	58
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>APÊNDICE B - ROTEIRO PARA ENTREVISTA À GIANE BROCCO</b> .....	<b>72</b>
<b>10</b>	<b>APÊNDICE C - PROCESSO DE CRIAÇÃO</b> .....	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o relatório de 2017 da Organização das Nações Unidas (ONU), até 2030 a população mundial passará dos atuais 7,7 bilhões de habitantes para 8,6 bilhões de pessoas no mundo, o que resultaria em uma sobrecarga ainda maior sobre a disponibilidade de recursos naturais, tendo em vista a manutenção dos atuais hábitos de consumo e produção. Na primeira década do século XXI, 6,6 bilhões de pessoas já estavam vivendo na Terra, sendo a metade destes, habitantes de populosos centros urbanos nos quais a paisagem natural foi largamente modificada. A partir disso, o constante crescimento populacional aliado à aplicação de padrões inadequados de produção e consumo irá comprimir ainda mais a disponibilidade de recursos naturais além de agravar e potencializar cada vez mais os diversos problemas gerados pela ação humana, como desmatamento, poluição, exploração de recursos naturais, produção de lixo, destruição da biodiversidade, extensivo uso de energia e emissão de poluentes no solo, água e ar. Tais problemas possuem consequências severas como resposta da natureza na forma de desmoronamentos, inundações, esgotamento de água e outros recursos naturais essenciais além de diversos outros fatores que interferem não apenas no bem estar do homem, mas também no bem-estar de todo o ecossistema no qual o homem está incluído e dele é dependente.

O capitalismo do século XIX conseguiu moldar o espaço de acordo com suas próprias premissas, planejando-o. Isto significa que, a partir do século XIX em diante, o espaço planejado tem servido a economia capitalista para controlar (por restrição) modos alternativos de produção e para sobreviver a crises por ser resiliente, reproduzindo seu próprio modo social de produção. Isto levou a uma espécie de entusiasmo cego por crescimento, já que produção capitalista significa crescimento econômico. Tal crescimento capitalista, no entanto, é um mal-estar insustentável que deve ser pelo menos discutido (BALTAZAR, 2010, p. 5).

A construção civil é responsável por impactos ambientais significativos oriundos de suas atividades. Segundo Careli (2008), o setor da indústria da construção civil consome cerca de 50% de todos os recursos naturais além de gerar um volume elevado de resíduos: cerca de 40 a 60% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos diariamente nas cidades têm origem no setor da construção civil. Segundo França (2017 apud Roaf;

Fuentes; Thomas-Rees, 2014), o principal responsável pela emissão de gases que provocam o aquecimento global, emitidos pelo homem, é o setor da construção civil.

Além disso, o mesmo setor é responsável pelo consumo de 20% da água consumida em todo mundo além dos 35% de energia elétrica (global) anual, conforme dados do SEBRAE (2016).

A Figura 1 traz diagramas que exemplificam os impactos causados pelo setor da construção civil na sociedade e meio-ambiente.

**Figura 1:** Impactos provocados pelo setor da construção civil



Fonte: SEBRAE,2016..

Diante disso, é imprescindível o desenvolvimento e aplicação de técnicas construtivas e projetuais, além do desenvolvimento de novos materiais que diminuam o consumo de recursos e a produção de lixo a fim de construir um ambiente urbano sustentável e mais resiliente.

Como nenhuma espécie que destrói o seu habitat natural, consegue sobreviver durante um longo período de tempo, a humanidade precisa urgentemente de uma mudança de

paradigmas e um bom caminho para isto está em observar como a natureza opera na criação das suas espécies, sejam vegetais, animais ou minerais, e transpor este mesmo método no desenvolvimento de produtos, sistemas, construções e até mesmo serviços, pois os “critérios” observados nos seres vivos mais adaptados, podem servir de base para o desenvolvimento de soluções mais eficientes.

Sendo assim, fica claro que o projeto de arquitetura deve ser desenvolvido utilizando técnicas que o levem a absorver e suportar os impactos naturais e sociais eminentes (GRUBER, 2011).

Uma das ferramentas que pode ser amplamente aplicada ao design, à arquitetura e à construção civil, a fim de melhorar a relação entre homem e meio ambiente é a Biomimética. O método de Pensamento Biomimético (Biomimicry Thinking) busca na natureza a fonte de inspiração para a criação e a resolução de desafios, tornando-se uma possibilidade para a criação de novos produtos e edificações mais sustentáveis. A Biomimética é portanto um conceito que visa compreender e replicar os fluxos e lógicas da natureza a partir da observação, a fim de desenvolver conceitos e paradigmas “projetuais” sustentáveis somados ao conhecimento tecnológico criado pelo homem (BENYUS, 1997).

O presente trabalho irá, portanto, discorrer sobre a importância de se aplicar tal conceito revolucionário no campo da arquitetura e da construção civil, além de demonstrar como o método do Pensamento Biomimético pode ser aplicado na prática, através do desenvolvimento de um projeto para refugiados climáticos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho possui como objetivo geral o estudo da aplicação de ferramentas projetuais e construtivas que utilizam a Biomimética como pensamento norteador e dessa forma ampliam a adesão de técnicas sustentáveis aplicadas na Arquitetura por meio da interdisciplinaridade entre biologia, engenharia de materiais, tecnologia, design e arquitetura.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Como objetivos específicos, este trabalho irá tratar de:

- A. Analisar o desenvolvimento da relação entre homem e natureza e a sua compreensão do ambiente natural;
- B. Analisar os efeitos da relação predatória do ser humano sobre o meio ambiente.
- C. Analisar o desenvolvimento da Sustentabilidade e da Revolução Biomimética;
- D. Analisar o desenvolvimento de edificações e tecnologias por meio da biomimética;
- E. Desenvolver um projeto arquitetônico com premissas da biomimética.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A justificativa para o estudo apresenta-se contextualizada sob duas perspectivas: a do meio acadêmico-científico e a do meio de produção da arquitetura. Sob o ponto de vista acadêmico-científico, evidencia-se a busca pela originalidade do tema proposto e pelo desenvolvimento de novos conhecimentos científicos acerca da aplicação de novas técnicas aplicadas à arquitetura. A segunda perspectiva é focada no contexto do desenvolvimento ambientalmente sustentável do projeto arquitetônico, buscando evidenciar a relevância de encontrar soluções sustentáveis usando para isso, a biomimética como ferramenta.

#### 3.1 A RELAÇÃO ENTRE HOMEM E NATUREZA

O aperfeiçoamento genético desenvolvido ao longo da evolução das espécies de mamíferos trouxe o córtex frontal e a partir de seu constante aprimoramento ao longo de milhões de anos de evolução possibilitou o desenvolvimento da consciência humana e a diferenciação desta espécie frente às demais. Os seres humanos evoluíram de nômades caçadores e colhedores, para assentamentos humanos de agricultores com o *Homo Sapiens* moderno. Houve a construção de abrigos que configuraram as primeiras cidades e o cultivo da terra, aprendido a partir da observação dos insetos polinizadores garantindo a sobrevivência humana, não sendo mais necessário migrar de um lugar para outro quando os recursos se tornavam escassos e as condições de vivência não mais favoráveis.(DRUYAN, 2020).

Entretanto, a curiosidade, a necessidade de aprender sobre o mundo à sua volta, assim como de continuar a sobreviver, conduziu o ser humano a criar relações e analogias que oferecessem uma explicação acerca dos fenômenos da natureza, dada a impossibilidade de dominá-la.

Já na antiguidade a relação com o meio-ambiente se dava por aquilo que a Antropologia chama de antropomorfismo, animismo e magia/fetiche, que são as formas encontradas pelo homem de compreender o espaço através da criação de valores humanos e surreais para os fenômenos da natureza, adorando e venerando aquilo que não podia ser dominado. Sendo assim, surgiram os mitos: narrativas criadas pelo homem a fim de explicar o mundo a sua volta e compreender o seu papel no cosmos. (NAVES e BERNARDES, 2014)



A espécie humana foi capaz de se reproduzir e se multiplicar, ocupando o globo terrestre e ampliando cada vez mais a sua necessidade por alimentos, moradia, vestuário, trabalho, transporte, agricultura, industrialização e urbanização, e apesar das inúmeras teorias sobre a evolução das espécies e a formação do cosmos, há um consenso científico quanto à relação de dependência do ser humano em relação à natureza, uma vez que toda a sobrevivência humana está pautada nos alimentos produzidos pela natureza, pela água, abrigos e ferramentas desenvolvidas a partir da observação de outros animais e plantas. Entretanto, é curioso pensar que, se todos os seres vivos (incluindo o ser-humano) dependem de certa forma dos recursos naturais, por que então a relação entre homem e natureza se tornou inconsequentemente predatória? E mais! Como agir para reconfigurar essa relação a tempo de garantir a sobrevivência humana, atualmente ameaçada pela escassez de recursos naturais e declínio da vida no planeta Terra?

Para Naves e Bernardes (2014), a compreensão sobre a maneira pela qual o homem percebe a natureza está intimamente ligada à estruturação de seu modo de vida. Por isso, este trabalho irá focar também na análise dos processos históricos da relação entre o homem e o meio ambiente a fim de compreender a forma como são desenvolvidas as intervenções humanas no espaço.

Para Medeiros (2002), o conceito de natureza e da construção da relação do homem contemporâneo com a mesma, pode ser compreendido a partir da obra de Robin George Collingwood intitulada “Ciência e Filosofia”, onde o autor destaca 3 períodos históricos do pensamento europeu que conduziram a humanidade à visão atual de natureza: a visão grega, a visão renascentista e a visão moderna.

Na antiguidade, o homem era concebido como parte integrante da natureza, sendo assim, fazia parte dos processos ambientais ao mesmo tempo em que se esforçava para entendê-los, como demonstrado pela criação dos mitos.

A partir da contínua necessidade humana de compreender o mundo, surge o conceito de *physis* - o primeiro conceito de natureza, através da visão grega (ALBUQUERQUE, 2007).

Segundo Albuquerque (2007, apud Chauí 1994) *Physis* não está relacionado à paisagem ou oposição ao artificial. É tudo o que é vivo, é a força originária criadora de todos os seres, responsável pelo surgimento, transformação e degeneração deles.

A visão grega pode ser compreendida entre os séculos VII e I a.C., através dos ideais dos filósofos jônios como Tales de Mileto, Anaximandro e Anaxímenes que interpretaram o mundo da natureza como sendo vivo e inteligente e não somente um “vasto animal dotado de alma, ou vida própria, mas também um animal racional com mente própria” (Collingwood, p. 10, apud MEDEIROS, 2002). Já o filósofo Aristóteles no séc. V a.C (384 a 322), interpretou o mundo da natureza como *automóvel*, ou seja, se movimentando de forma autônoma, tornando-se processo, crescimento e mudança (MEDEIROS, 2002).

Assim, a realidade passa a ser explicada de uma maneira mais racional e categórica. A natureza passou a ser vista através de um prisma lógico, racional e material, rompendo com a estrutura do pensamento místico. Segundo Albuquerque (2007), o desenvolvimento das cidades (polis) e as ramificações de suas funcionalidades passaram a ser sustentados por uma nova maneira de pensar: a metafísica.

Aristóteles foi um grande questionador da natureza e de seus fenômenos, o que o conduziu a elaborar definições aceitas até os dias atuais. Para Medeiros (2002) a Aristóteles possui uma importância crucial de para a biologia destacando a perseverança do filósofo ao considerar a observação da natureza, mesmo que combinada aos métodos metafísico e científico de investigação, como forma de compreender o universo e a própria natureza além de buscar as causas dos fenômenos naturais não se prendendo apenas ao “como?” mas também perguntando à natureza “por quê?”(MEDEIROS, 2002).

Além dos jônios e de Aristóteles, é importante destacar a contribuição dos filósofos estoicos Zenão de Cício e Crísipo de Solis (336 - 210 a.C ) e dos epicuristas Epicuro (341 a.C. - 27 a.C.) e Tito Lucrecio (96 - 55 a.C.) para a visão grega. Ambas concepções fizeram da ciência sobre a natureza das coisas, a base para as suas condições éticas e morais.(MEDEIROS, 2002).

Para o pensamento estóico a moral deveria encontrar seu fundamento e seu sentido numa física ou filosofia da natureza o que resultaria no convívio em harmonia com a própria natureza uma vez que esta era concebida como vital. Já para os epicuristas a natureza era vista por uma concepção materialista da realidade. Todas as coisas eram constituídas de átomos (ideia proveniente da teoria atomista de Demócrito e Leucipo) e sua origem estava nas causas naturais (incluindo o homem), admitindo que a existência não era obra dos deuses (MEDEIROS, 2002).

Em suma, pode-se dizer que o pensamento produzido na Grécia foi fértil e produziu (de maneira genérica) duas visões distintas da natureza: uma inclusiva, que concebe o homem como parte integrante e indissociável da natureza, e outra que se apresenta como algo distinto, cuja compreensão pelo homem se dá pela lógica.

Entre os séculos I a.C. e XVI d.C, poucas, referências foram encontradas sobre a concepção de natureza devido ao surgimento do Cristianismo que disseminou no Ocidente um conceito antropocêntrico da natureza ao introduzir a criação do Universo como obra de Deus no capítulo intitulado Gênesis da Bíblia, por volta de 200 d.C. Tal texto foi capaz de definir o comportamento do homem em relação à natureza como um papel pré-concebido por Deus e portanto um mandamento divino que reverberou pelos séculos seguintes, até a atualidade (MEDEIROS, 2002).

No princípio Deus criou o céu e a terra. (...) E criou Deus o homem a Sua imagem; criou-o à imagem de Deus, e criou-os varão e fêmea. E Deus os abençoou, e disse: Crescei e multiplicai-vos, e enchei a Terra e sujeitai-a; e dominai sobre os peixes do mar e sobre os pássaros do céu, e sobre todos os animais que se movem sobre a Terra” (Gênesis Cap. I, Versículos 27–28 – Bíblia Sagrada).

Dessa forma, percebe-se a concepção da ideia de que a natureza existe a serviço do homem e esse homem é o centro de todas as coisas pois é a imagem e semelhança do divino.

As ideias de natureza concebidas por grandes filósofos e cientistas no período conhecido como Renascimento foi marcada por um anti-aristotelismo. Para

pensadores/cientistas como Nicolau Copérnico (1473 a 1543), Giordano Bruno (1548-1600), Francis Bacon (1561-1626), Galileu Galilei (1564 - 1642), Johannes Kepler (1571 - 1630) e René Descartes (1592- 1650); a vida cósmica é passível de ser analisada através da ordem e regularidade usando como ferramenta a matemática. Conforme a Medeiros (2002, p. 71), Galileu dizia que: “(...) *a verdade da natureza consiste em factos matemáticos; aquilo que é real e inteligível na natureza é aquilo que é mensurável e quantitativo*”.

Segundo Albuquerque (2007), com as grandes navegações e a crescente necessidade do homem em explorar territórios desconhecidos em busca de mais recursos, deu-se início um período filosófico marcado pelo ceticismo. Os limites territoriais foram expandidos, novas culturas e novos povos foram descobertos e assim, frente a um mundo de possibilidades surge o questionamento da capacidade racional humana de compreender a realidade exterior e a si própria.

“As guerras de religião (as lutas entre protestantes e católicos), as descobertas de outros povos inteiramente diferentes dos europeus, as disputas e querelas filosóficas e teológicas criaram um ambiente em que o sábio já não podia admitir que a razão humana fosse capaz de conhecimento verdadeiro e que a verdade fosse universal e necessária. Ao contrário, diante da multiplicidade de opiniões em luta, o sábio tornou-se cético” (Albuquerque 2007 apud, Chaui, 2005, p. 48).

O surgimento da ciência experimental abre caminhos para a filosofia racional de René Descartes, que instituiu a dúvida sobre as certezas dogmáticas e a necessidade de comprovação empírica de toda evidência, como métodos fundamentais para a construção do conhecimento.(MEDEIROS, 2002)

Para Albuquerque (2007), tal concepção da realidade como algo intrinsecamente racional, lançou as bases para um entendimento da natureza que findou na origem da ciência clássica, onde prevalece o ponto de vista mecânico.

Dessa forma, conforme Medeiros (2002), essa racionalidade cética foi o que solidificou a lógica antropocêntrica cientificista do mundo em relação à natureza e fez com que o homem baseasse a sua existência na racionalidade: “Penso, logo existo (cogito ergo

sum)”, e assim deixasse de ser ver como um animal e ser pertencente à natureza. A partir disso, sujeito e objeto foram separados. Os seres humanos, portanto, se retiram da natureza e a enxergam como espectadores.

A natureza, que já era vista como inferior ao homem e passível de ser dominada, poderia, então, ser inteiramente representada pela razão humana. Dessa maneira, o homem poderia prever as consequências de suas interferências na natureza e causar os resultados que desejasse. Assim, nascem a ideia de experimentação científica e o ideal da tecnologia: a expectativa de que o homem poderá controlar e dominar tecnicamente a natureza graças à invenção de máquinas. (Albuquerque 2007, p. 47)

Para Medeiros (2002), a visão materialista da natureza de Descartes, traduzida como uma combinação entre o mundo da natureza como autor criador e a ideia de natureza como máquina, foi seguida por diversos outros cientistas/pensadores até a Revolução Industrial no século XVIII.

A partir do século XVII, por meio das pesquisas dos naturalistas modernos como Carl von Linné (Lineu) (1707-1788), George-Louis de Buffon (1707-1788), Daubenton (1716-1800), Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), Alexandre von Humboldt (1769 – 1859) e Charles Darwin (1809 – 1882), o mundo passou a conhecer melhor as espécies de plantas e animais, não somente catalogando-as mas também classificando-as através de um sistema específico de gêneros, ordens, grupos e famílias. Alguns desses pesquisadores ainda possuíam uma concepção utilitarista da natureza a exemplo de George-Louis de Buffon que criou três categorias para identificar os animais, sendo elas: comestíveis e não-comestíveis, ferozes e mansos e úteis e inúteis.(MEDEIROS, 2002)

A natureza foi sendo classificada, catalogada e quantificada pois era concebida como uma reserva natural de recursos.

Foi nessa época que Lamarck (1744-1829) cunhou o termo biologia. Para ele, os seres vivos mudam suas características por meio de estímulos externos, alterando a estrutura e o funcionamento internos, ou seja, os seres vivos seriam fruto do meio em que estavam inseridos.(MEDEIROS, 2002)

Outro naturalista moderno cuja obra transformou a relação do homem com a natureza foi Charles Darwin (1809 – 1882). A sua obra “A Origem das Espécies” é uma referência para biólogos e estudiosos até os dias atuais. Vale ressaltar que ambos Lamarck e Darwin foram influenciados pelas ideias capitalistas de progresso e evolução desencadeadas pela 1ª e 2ª Revolução Industrial e que ecoaram ao longo do século XIX e XX.

Tais conceitos não brotaram da cabeça dos homens, sim, são os modos como a natureza foi representada a partir das manifestações sociais. São representações próprias da maneira capitalista de ver e pensar sua própria sociedade. Naturalistas, por exemplo, como Cuvier, Lineu, Lamarck e Darwin não teriam como justificar e fundamentar o estatuto científico de suas ciências senão dentro de seus momentos históricos. A consequência disso é a expressão do pensamento social dominante na representação da dinâmica da natureza. (Bellini, 1985 p. 78 apud MEDEIROS, 2002)

Dessa forma, apesar de a teoria evolucionista de Darwin ter proporcionado um campo fértil para o estudo da natureza, o ser humano, inspirado pelo modelo econômico capitalista, ainda seria conduzido a se sobrepor sobre o mundo natural como seu explorador de direito, devido a sua necessidade de conhecimento e de progresso.

Pergunte a qualquer um na massa de gente obscura: qual o propósito da existência das coisas? A resposta geral é que todas as coisas foram criadas para nosso auxílio e uso prático! [...] Em resumo, todo o cenário magnífico das coisas é diária e confiantemente visto como destinado, em última instância, à conveniência peculiar do gênero humano. Dessa forma, o grosso da espécie humana arrogantemente se eleva acima das inumeráveis existências que o cercam. (G. H. Toulmin, 1780, ed. de 1824 apud THOMAS p. 21, 1983)

Para MEDEIROS (2002), as Revoluções Industriais inseriram, na vida dos homens, a crença da tecnologia como ferramenta ideal para otimização de suas ações, o que aliada ao crescimento exponencial das diversas áreas da ciência resultou na visão do homem de que a natureza é um recurso natural inesgotável que serve para o progresso industrial. Dessa forma, a ideia de uma natureza intocável aparece como

um obstáculo ao desenvolvimento da economia dos países, inaugurando a dicotomia: desenvolvimento versus meio ambiente, vivenciada até o início do século XXI. Já no século XX, Watson e Crick apresentaram ao mundo os genes e o DNA, o que, juntamente à Terceira Revolução Industrial (também conhecida como Revolução Técnico-Científica) conduziu as ciências biológicas a um contexto reducionista molecular. O termo “vida” praticamente substituiu o termo natureza. A partir disso, o desenvolvimento tecnológico acabou conduzindo a relação entre homem e natureza a um distanciamento ainda maior.

Para ARENDT (1992), a tecnologia passou a assumir uma categoria de tal importância na vida do ser humano que a sociedade acabou negligenciando a natureza, afastando-a de si mesma e toda sua herança biológica e cósmica. Entretanto, os efeitos da ação humana que desencadearam catástrofes e alarmaram os cientistas no fim do século XX e início do século XXI, evidenciam a necessidade de mudança de paradigmas na relação homem e natureza.

Conforme cita Maturana (1994):

A natureza de nosso âmbito de existência como seres humanos na Terra é biológica. Estamos rodeados de seres vivos e imersos em um ambiente que em quase sua totalidade é produto de processos biológicos (praticamente todas as características da atmosfera, superfície terrestre e mares depende do que ocorre com os seres vivos). Mais ainda, em um sentido estrito, todas nossas necessidades vitais e culturais se satisfazem ou podem satisfazer-se com processos biológicos naturais ou artificiais. Por isso, também, em um sentido estrito, o único que de fato pode devolver-nos a todos o acesso ao bem-estar sem os desequilíbrios abusivos e a perda da dignidade que traz consigo a dependência vital da alienação mercantil é o conhecimento de nosso mundo e como estar nele sem negar sua natureza. (Humberto Maturana, 1994 apud MEDEIROS, p. 80, 2002).

## **3.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A CRISE DO MEIO-AMBIENTE**

### **3.2.1 Alguns aspectos sobre os impactos da crise climática na vida do ser humano**

Por meio do estudo histórico da relação entre o ser humano e o meio natural, é possível afirmar que o homem moderno subordina a natureza ao invés de tratá-la como aliada, colocando-a em segundo plano e priorizando as suas próprias demandas, sendo estas imprescindíveis para a sua sobrevivência ou não. Entretanto, ao longo do processo de desenvolvimento do homem, a utilização dos recursos naturais deixou um rastro de destruição em larga escala, apresentando grandes casos de degradação ambiental que ocasionaram diferentes tipos de impactos ambientais, que podem ser acompanhados/vivenciados pela comunidade mundial na atualidade (MEDEIROS,2002).

Para BENYUS (1997), tais fatores conduziram o homem contemporâneo a analisar com mais afinco os aspectos de sua relação com o meio natural resultando na percepção de que a tentativa de submeter a natureza conforme seus anseios e necessidades sem se importar com a sobrevivência de outros ecossistemas, resultou em um desequilíbrio de proporções inimagináveis que vem extinguindo espécies de animais e plantas e também ameaça a sobrevivência do próprio ser-humano.

Na minha opinião, esse Homo Industrialis, tendo atingido o limite da tolerância da natureza, está vendo seu espectro na parede, juntamente com o espectro de rinocerontes, condores, peixes-bois, ciperpédios e outras espécies que ela está levando consigo para o túmulo. Abalado por essa perspectiva, ele, nós, estamos sedentos de informações sobre como viver sadia e auto sustentavelmente na Terra. (BENYUS, 1997, p.9.)

Dessa forma, a partir do século XX surgiram vários movimentos cujo objetivo era discutir ações e formas de gerir os recursos naturais, como protocolos e acordos entre países, que estivessem relacionados à redução dos problemas ambientais. Dentre esses, é possível citar: a criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente (ONU,



1983)<sup>1</sup>, o relatório de Brundtland (1987)<sup>2</sup>, a Eco 92 (1992), o lançamento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) em 2000, a construção da nova agenda urbana até 2030 (Quito, 2016) e a criação dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), lançados em 2015.

Assim, a partir do desenvolvimento dos acordos, congressos e conferências citados, percebe-se uma grande pressão internacional a fim de disseminar o conhecimento a respeito da importância de preservar os recursos naturais para as futuras gerações, assim como trabalhar os efeitos do aquecimento global – estimulando as organizações a buscarem por referências para continuar a crescer, porém de forma sustentável.

Nesse contexto surge o Desenvolvimento Sustentável, como um movimento que traz como base a junção da perspectiva do crescimento com a sustentabilidade, problemática atual, principalmente a partir da base econômica capitalista que estimula o consumo desenfreado e conseqüentemente a manutenção dos meios de produção exploratórios e poluentes (ALBUQUERQUE,2007).

"Não é a tecnologia que atende às necessidades e sim as necessidades é que são criadas para atender à crescente produção e à elaboração cada vez mais diversificada dos bens de consumo". (Maria Elisa Marcondes Helene, apud ALBUQUERQUE,2007).

Tal conceito se choca com o padrão de desenvolvimento desenvolvimentista com o qual o ser humano vinha traçando seu futuro desde a primeira Revolução Industrial (ALBUQUERQUE,2007).

No final do século XX, parece-nos que não dispomos de um único conceito de natureza, além das idéias ora antropocêntricas ora biocêntricas (de uma natureza intocada, inculta e selvagem). Nós nomeamos a natureza como "social, biológica, histórica e cultural" mas, apesar disso, ela conserva sua dinâmica de natureza; o homem não

---

<sup>1</sup> Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, reunida em Estocolmo, Suécia de 5 a 16 de junho de 1972, realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU).

<sup>2</sup> De acordo com a ONU, o Relatório Brundtland, também conhecido como Nosso Futuro Comum, representa um dos primeiros esforços globais para compor uma agenda global para a mudança de paradigma no modelo de desenvolvimento humano. A cargo da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, o relatório reúne informações colhidas com especialistas de quase todo o planeta ao longo de três anos de análises e pesquisas. Ver mais em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>

tem tanto controle sobre ela como tem de sua “própria sociedade” (MEDEIROS,2002, p. 80).

Podemos definir sustentabilidade como a capacidade de se sustentar, de se manter. Sendo assim, uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida continuamente, sem cessar. (MIKHAILOVA, 2004 apud BROCCO, 2017)

Acompanhando essa mesma lógica, a exploração de um recurso natural realizada de forma sustentável poderá portanto durar para sempre, sem se esgotar. É isso que uma sociedade sustentável deve buscar: Desenvolvimento que busca a garantia de direitos e que não coloca em risco os elementos do meio ambiente e não esgota os recursos naturais. Tal busca pelo desenvolvimento sustentável é urgente. Caso queira sobreviver e manter sua cultura e sua história, a humanidade deve mudar sua relação com o meio ambiente agora (BROCCO, 2017).

Os eventos extremos e as grandes catástrofes ambientais sempre existiram ao longo da história, obrigando indivíduos e grupos a se deslocarem. No entanto, as alterações cada vez mais frequentes no ambiente global, provocadas ou aceleradas pela ação humana, em níveis já considerados intoleráveis e irreversíveis, têm desafiado as diversas áreas do conhecimento a desenvolver mecanismos eficientes para mitigar os impactos ambientais negativos, restaurar o que já foi deteriorado e prevenir tanto quanto possível novas ameaças de degradação (DRUYAN. Cosmos: Mundos Possíveis, 2020).

Segundo Registro Ecológico de Ameaças de 2020 (Ecological Threat Register 2020) do Institute for Economics and Peace - IEP (Instituto pela Economia e pela Paz), os próximos 30 anos da humanidade poderão ser assolados com um problema humanitário sem precedentes: 1,2 bilhão de pessoas se tornarão refugiadas do clima. Se as guerras e a fome tornaram imigrantes milhões de pessoas ao redor do globo nos últimos 100 anos, tais fatores, aliados à crise do clima e os efeitos provenientes desta, desencadearão um efeito migratório de milhões de indivíduos em busca de alimento e água, principalmente nos países mais pobres. O estudo mostrou que, até 2050, 141 países serão expostos a pelo menos uma ameaça ecológica e que as 19

nações com o maior número de ameaças concentram 2,1 bilhões de habitantes (cerca de 25% da população mundial).

Segundo o documentário “Refugiados climáticos - La verdadera catástrofe ambiental” (DW Documental, 2019), para os cidadãos de Jakarta na Indonésia, a crise humanitária gerada pelos refugiados climáticos já é uma realidade. Com o desequilíbrio das estações do ano ocasionado pelo aumento da temperatura global, o sustento de diversas famílias de Jakarta que dependem da agricultura (assim como ao redor de todo o mundo, uma vez que tal problema atinge outros países) fica comprometido. A crise climática impacta as estações do ano e estende o período de seca, o que ameaça as áreas de cultivo e colheitas. Muitas famílias e chefes de família da Indonésia estão migrando para outras partes do país ou até para outros países, como a Arábia Saudita, em busca de trabalho.

Autoridades indonésias estimam que as mudanças climáticas, aliadas à redução das florestas e à desproteção do solo que intensificam os efeitos das chuvas e provocam deslizamentos de terra, inundações e a perda de muitas vidas humanas - farão com que 40.000.000 de emigrantes ambientais indonésios necessitem de moradia e refúgio seguros. Dessa forma, a criação de abrigos temporários será imprescindível a fim de garantir proteção para essa população e amenizar os impactos sócio-econômicos provenientes desse problema. (DW Documental. Refugiados climáticos - La verdadera catástrofe ambiental, 2019)

### **3.3 A REVOLUÇÃO BIOMIMÉTICA**

"Sem dúvida alguma, as plantas constroem usando os mesmos princípios dos engenheiros, porém a tecnologia das plantas é muito mais refinada e perfeita" (SCHWENDENER, 1888 apud GRUBER, 2011).

Segundo BROCCO (2017), as crises podem se transformar em catalisadores no desenvolvimento humano e conseqüentemente na sua evolução. Para isso, a autora cita o seguinte exemplo:

A lagarta ao deixar o casulo passa por horas de esforço contínuo para que possa transformar-se em borboleta; alguns observadores científicos experimentaram cortar o casulo para

facilitar a vida da borboleta porém, notaram que sem o esforço, a borboleta não pode voar e, conseqüentemente, não sobrevive por muitas horas. (BROCCO, p. 122, 2017).

A partir disso, pode-se inferir que os resultados apresentados pelos fóruns do meio-ambiente, ações da ONU e diversos grupos de cientistas no início do século XXI, deixam clara a urgência da mudança no relacionamento entre homem e natureza, a necessidade de resgate da identidade do ser-humano como ser pertencente ao meio natural, assim como uma (r)evolução em seu modo de vida. BROCCO (2017).

As Três Revoluções Industriais vivenciadas entre os séculos XVIII, XIX e XX criaram métodos de produção e consumo que foram impulsionados pelo sistema capitalista, desencadeando um comportamento exploratório cuja estrutura não é possível de ser sustentada nos dias atuais, tão pouco futuramente. Esse modelo de produção elevou o consumo de bens e, conseqüentemente, aumentou a necessidade da extração dos recursos naturais indispensáveis para a sobrevivência de todos os organismos vivos do planeta. Dessa forma, para reverter os impactos já desencadeados pelo comportamento predatório do ser humano sobre o ambiente natural, ocasionado pelos meios de produção capitalistas e consumismo exacerbado, são necessárias ações coletivas, ou seja, que envolvam toda a sociedade, e não a criação de soluções fragmentadas e individuais. Conforme cita BROCCO (2017): “Diante dos estágios da economia como extração, produção, distribuição, consumo e descarte percebe-se a necessidade de novos valores industriais que apresentem soluções sistêmicas e interligadas”.

Seguindo essa ideologia de se criar soluções interligadas e coletivas que visam garantir a sobrevivência humana é que surgiu no fim do século XX e início do século XXI, o método de pensamento biomimético.

O termo Biomimética, do grego *bios* (vida) e *mimesis* (imitação) foi criado em 1970 por John Todd e Nancy Jack-Todd que integravam um grupo chamado The New Alchemy Institute. Tal grupo acreditava que através do estudo da ecologia, biologia e abordagem de sistemas bio-cibernéticos, seria possível encontrar soluções capazes de atender as necessidades humanas fundamentais de maneira mais sustentável (QUEIROZ, RATTES e BARBOSA, 2014).

Tal conceito encontrou respaldo na pesquisa da bióloga, autora e consultora de inovação Janine Benyus e de sua obra intitulada: “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature” (Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza, 1997).

Para BENYUS (1997), os fracassos da natureza, em termos de “Design”, foram transformados em fósseis extintos. Já os “modelos” que obtiveram sucesso e sobreviveram, estes podem ser encarados como os seus exemplos de sucesso. Dessa forma, a infinidade de espécies já descobertas e catalogadas representam um legado de “experimentos” da natureza - um amplo conjunto de soluções eficientes para os mais diversos problemas desenvolvidos após bilhões de anos de tentativas e erros. Os frutos dessa trajetória, estimada em mais de 4,0 bilhões de anos de vida na Terra, chamam a atenção por sua diversidade, beleza e pelo funcionamento integrado da natureza, em que diversos ciclos e sistemas se entrecruzam resultando em perfeito equilíbrio - relacionando todos os seres vivos de forma que seus recursos sejam manipulados sem desperdícios. Segundo BENYUS (1997), tais sistemas e soluções podem (e devem) ser utilizados pela humanidade como fonte de inspiração no desenvolvimento das mais diversas soluções.

Para Janine Benyus, a Biomimética é indispensável para compreender de maneira holística e profunda o ecossistema, o que possibilitará a real adaptação do ser humano ao meio. Além disso, a autora afirma que a natureza deve ser tratada como modelo, medida e mentora do design.

Considerando que a capacidade e a dimensão da Terra são invariáveis, é possível concluir que há um limite para a quantidade de recursos naturais fornecidos pelo planeta.

LEONARD (2011, p. 11) afirma que “[...] para que um sistema exista dentro de outro, deve respeitar os limites do primeiro”. Tal afirmação também possui respaldo na pesquisa de Benyus (2006, p. 13), que conclui que nenhuma espécie é capaz de ocupar um nicho ao mesmo tempo em que se apropria de todos os recursos naturais disponíveis em seu habitat. Benyus ainda vai além e argumenta que é preciso mais do que apenas aprender com a natureza, é necessário projetar como ela.

Essa respeitosa imitação é uma abordagem totalmente nova. Diferentemente da Revolução Industrial, a Revolução Biomimética inaugura uma era cujas bases assentam não

naquilo que podemos extrair da natureza, mas no que podemos aprender com ela, tomar emprestado uma ideia para inspirar outras. (BENYUS, 1997, p.34.)

Em sua obra "Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza" (1997), a autora propõe a junção das disciplinas de design, engenharia, arquitetura, biologia e tecnologia, para desenvolver tecnologias, produtos e sistemas sustentáveis desde que associado ao olhar para a natureza através de 3 formas de percepção:

- a) a natureza como modelo, ao estudar os modelos da natureza e imitá-los ou usá-los como inspiração com o intuito de resolver os problemas humanos;
- b) a natureza como medida, ao usar o padrão ecológico para julgar a relevância e a validade das inovações humanas.
- c) a natureza como mentora, ao desenvolver um novo olhar e uma nova forma de avaliar a natureza visando, não o que podemos extrair do mundo natural, mas no que podemos aprender com ele.

O resultado dessa combinação seria a Revolução Biomimética: uma filosofia que promove soluções sustentáveis para problemas reais que afligem o homem contemporâneo e que busca resgatar os valores éticos e a conexão entre o ser humano e o ambiente natural que foram se desfazendo ao longo do tempo, utilizando a natureza como modelo, medida e mentora.

Ao longo de centenas de anos, o ser humano buscou respostas e inspirações na natureza para a criação de inovações tecnológicas que melhorem a sua qualidade de vida e facilitem o desenvolvimento de suas atividades, a exemplo do avião, desenvolvido em 1906, e inspirado pelo vôo dos pássaros; o ar-condicionado, inspirado na lógica de ventilação do cupinzeiro; a estrutura de edificações inspirada em plantas e animais como a cúpula da Catedral de Florença (Santa Maria Del Fiore), criada por Filippo Brunelleschi com base na casca do ovo; o sonar, inspirado pela transmissão multifrequencial dos morcegos e até mesmo a roda, cuja forma foi encontrada na movimentação de bactérias mais antigas que o homem (DETANICO, TEIXEIRA E SILVA, 2010).

Segundo BENYUS (1997), após décadas de estudo e observação de organismos vivos, diversos ecologistas reuniram algumas características recorrentes em vários sistemas de vida interligados (ou não) e que podem ser vistos como padrões de sucesso de design da natureza, são eles:

1. A natureza é movida a energia solar.
2. A natureza usa apenas a energia que precisa.
3. A natureza adapta a forma à função.
4. A natureza recicla tudo.
5. A natureza vive em cooperação.
6. A natureza confia na diversidade.
7. A natureza exige especialização geograficamente localizada.
8. A natureza inibe excessos em seu seio.
9. A natureza explora o poder dos próprios limites.

A partir de tais semelhanças, surgiram os princípios da vida, base para o Biomimicry Thinking (pensamento biomimético), criado por Benyus e pelo Biomimicry Institute, que possibilitou a criação de diversas soluções bio inspiradas para produtos, processos, ambientes entre outras atividades e que será a base de desenvolvimento do projeto proposto por este trabalho.

### **3.4 BIOMIMÉTICA APLICADA**

#### **3.4.1 A Analogia**

Uma das ferramentas que possibilitam utilizar a natureza como modelo, assim como sugerido por BENYUS (1997), é a Analogia. Já na antiguidade clássica, a Analogia era abordada por filósofos como Aristóteles e Platão, onde esta se tornava uma abstração compartilhada, ou seja, eram analisados padrões, regularidades, atributos, ideias ou funções entre objetos análogos, avaliando e comparando o que estes tinham em comum (ARRUDA E FREITAS, 2018).

De acordo com Soares (2016 apud ARRUDA E FREITAS, 2018), existem 3 tipos de Analogias que se relacionam diretamente com a Biomimética: Analogia Morfológica, Analogia Funcional e Analogia Simbólica.

A Analogia Morfológica, pode ser definida como “a busca experimental de modelos elaborados da tradução das características estruturais e formais, para transpor em projetos.” Dessa forma, são analisadas as formas e padrões originalmente desenvolvidas pela natureza observando as funções de sua forma geométrica, texturas, estruturas e as inter-relações que cada característica possui, seja a nível macro ou microscópico. Já a Analogia Funcional foca nos sistemas físicos e mecânicos desenvolvidos pela natureza, ou seja a função que cada atributo de um determinado organismo vivo desempenha, independentemente da escala de atuação, para que dessa forma tais características possam ser mimetizadas e aplicadas em artefatos artificiais. Quanto à Analogia Simbólica, esta busca analisar e mimetizar características da natureza de forma abstrata. Não há uma reprodução fiel, e sim uma inspiração, uma correspondência com alguns aspectos morfológicos e/ou funcionais presentes na natureza, como por exemplo a arquitetura biomórfica do arquiteto espanhol Antoni Gaudí, com predominância de curvas e contracurvas, onde elementos da natureza são desenhados em vários detalhes. (ARRUDA E FREITAS, 2018).

Um bom exemplo do uso da analogia na biomimética é o Trem-bala Shinkansen desenvolvido pelo engenheiro Eiji Nakatsu, que teve como referência a forma do bico alongado do pássaro Martim-Pescador cuja forma facilita o mergulho sem espirrar água em busca de sua refeição. Tal meio de transporte foi desenvolvido, seguindo o modelo de Analogia Morfológica, para que fosse possível solucionar dois dos grandes problemas do trem bala: A vibração e o ruído. Assim, por meio da mimetização do formato do bico do Martim-Pescador, foi possível chegar a uma melhora significativa no desempenho do trem-bala, resultando em um veículo 10% mais rápido e 15% mais eficiente ao reduzir a utilização de energia e também ao reduzir a pressão do ar em 30%, se comparado aos modelos existentes (ARRUDA E FREITAS, 2018).

Outro excelente exemplo da aplicação da analogia na biomimética é a utilização do hexágono, presente em estruturas como a colmeia das abelhas, o casco das tartarugas e nos olhos de alguns insetos (exemplificada na Figura 2 a 4), na fabricação de copos, painéis estruturais e coberturas para edificações (GRUBER, 2011).



A questão de por que as abelhas se adaptaram para construir seus ninhos a partir de células hexagonais tem sido debatida por séculos. Em *A Origem das Espécies*, Darwin teorizou que a seleção natural levou à "uma economia de cera", uma vez que para uma abelha produzir meio quilo de cera, ela precisa consumir cerca de 3,5 quilos de mel. Por volta de 36 a.c., um estudioso chamado Marcus Terentius Varro escreveu pela primeira vez sobre este problema matemático específico, mais tarde apelidado de "a conjectura do favo de mel", afirmando que, em comparação com outras formas, como um triângulo ou um quadrado conforme exemplificado na Figura 5, um "hexágono inscrito em uma figura circular ocupa a maior quantidade de espaço". Em uma entrevista de 2019, Thomas Hales - o matemático que finalmente provou a conjectura - disse que, em última análise, "Um favo de mel hexagonal é a maneira de ocupar a maior área com o menor perímetro". Da perspectiva de uma abelha, isso significa armazenar mais mel em um volume maior, gastando menos energia na construção de uma estrutura para contê-lo, confirmando a hipótese levantada por Darwin (ASK NATURE, 2021).

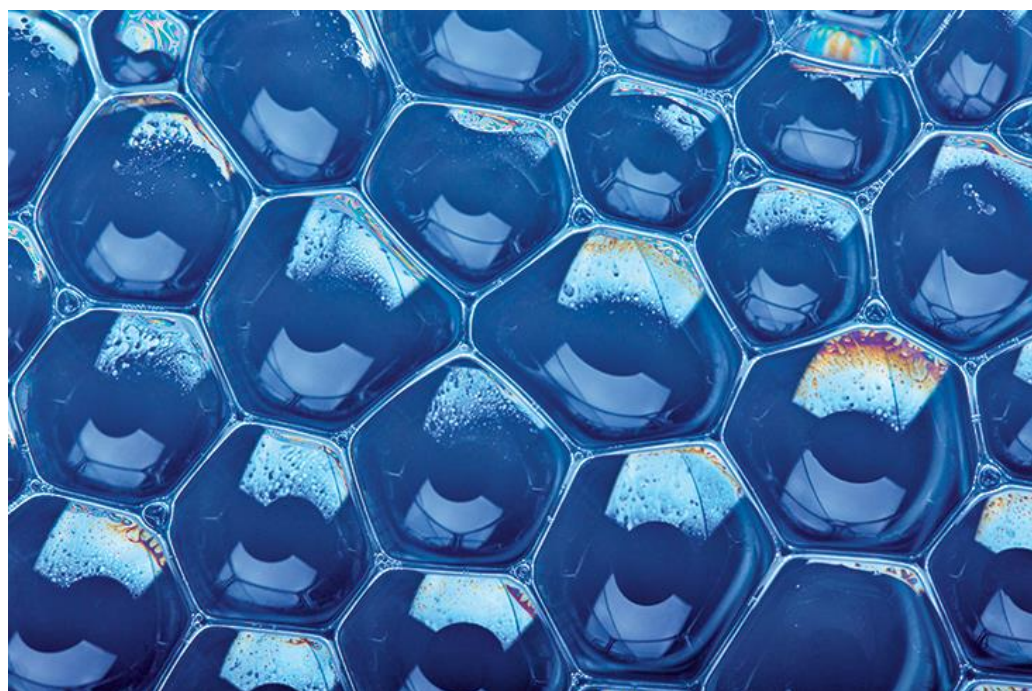
Porém, a eficiência de espaço não é o único benefício de construir com hexágonos. Ao serem empilhados juntos, os hexágonos preenchem vãos em um arranjo de deslocamento com seis paredes curtas ao redor de cada "célula", dando às estruturas uma alta resistência à compressão. Outro benefício é o de que as colmeias também dissipam bem o calor, evitando que a estrutura cerosa derreta em dias quentes (HALES, 2002).

**Figura 2:** Estrutura da Colmeia



Fonte. Ask Nature, 2021.

**Figura 3:** Estrutura de bolhas de sabão



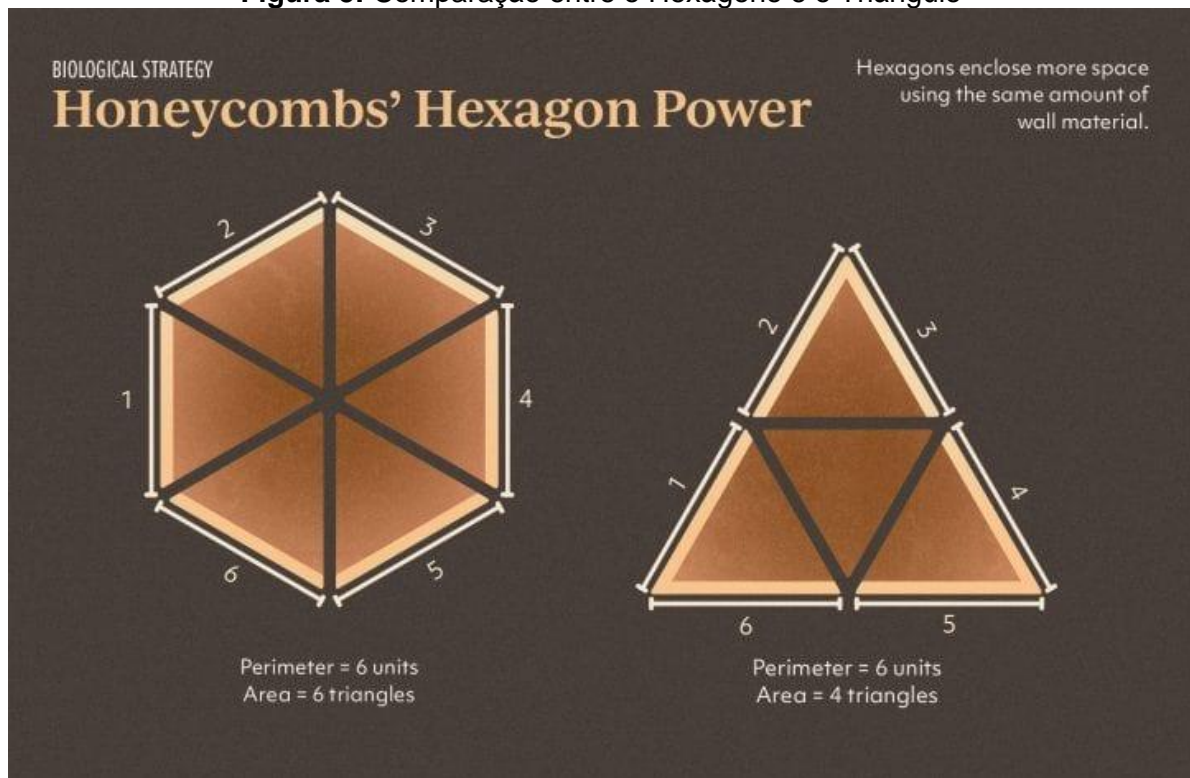
Fonte. Nautilus, 2016.

**Figura 4:** Estrutura dos olhos de um inseto



Fonte. Nautilus, 2016.

**Figura 5:** Comparação entre o Hexágono e o Triângulo



Fonte. Ask Nature, 2021.

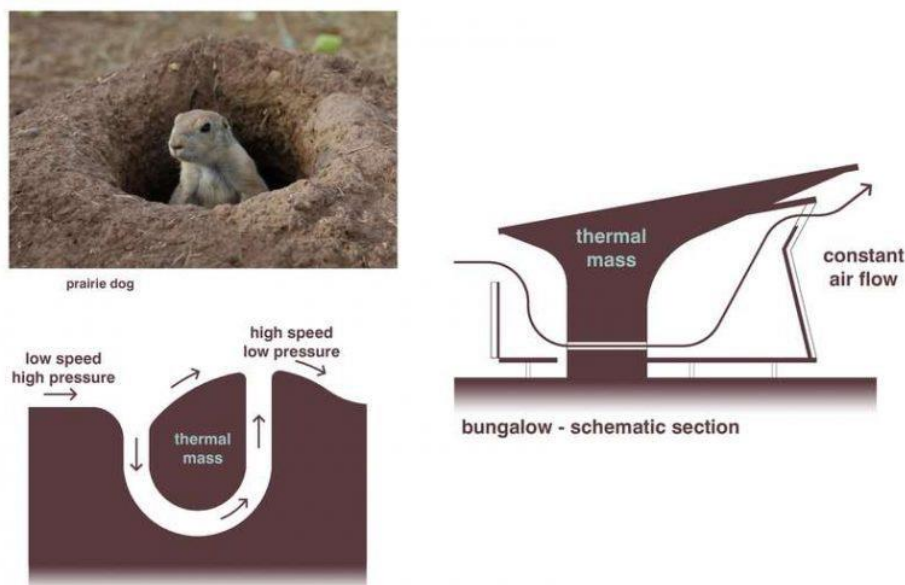
### 3.4.2 Estudo de Caso - O Votu Hotel

Dentre os diversos exemplos da aplicação da biomimética na arquitetura, existe um case brasileiro intitulado Votu Hotel ( “votu”, em tupi-guarani, significa “vento”), desenvolvido pelo escritório GCP Arquitetura e Urbanismo e que deverá ser implantado na Bahia. Tal projeto merece destaque pois buscou adotar os conceitos da biomimética para criar soluções de conforto térmico e eficiência energética, ao usar como modelo a toca do cão de pradaria.

O Cão de Pradaria é um mamífero roedor nativo da América do Norte e que desenvolve suas tocas enterradas no solo, mantendo entradas e saídas de ar a fim de ventilar e refrescar o seu abrigo, em meio a grandes colônias onde as temperaturas são muito altas no verão e baixas no inverno. (DELAQUA, 2018)

A Figura 6 exemplifica o sistema de ventilação da toca do cão de pradaria e a aplicação dessa solução nos bangalôs projetados para o Votu Hotel.

**Figura 6:** Votu Hotel e a Toca do Cão de Pradaria



Fonte. GCP Arquitetura e Urbanismo, 2016.

As paredes do projeto dos bangalôs são de concreto e contam com um jardim implantado na cobertura a fim de proteger o ambiente interno do calor, semelhante ao sistema adotado pelo cão de pradaria. Além disso, segundo Delaqua (2018) o projeto também incorpora um processo natural chamado princípio de Bernoulli, que no caso das tocas dos roedores, faz com que o fluxo de ar seja retardado pelos montes de terra dos cães da pradaria, aumentando a pressão e forçando o ar a fluir rapidamente pelos “túneis”.

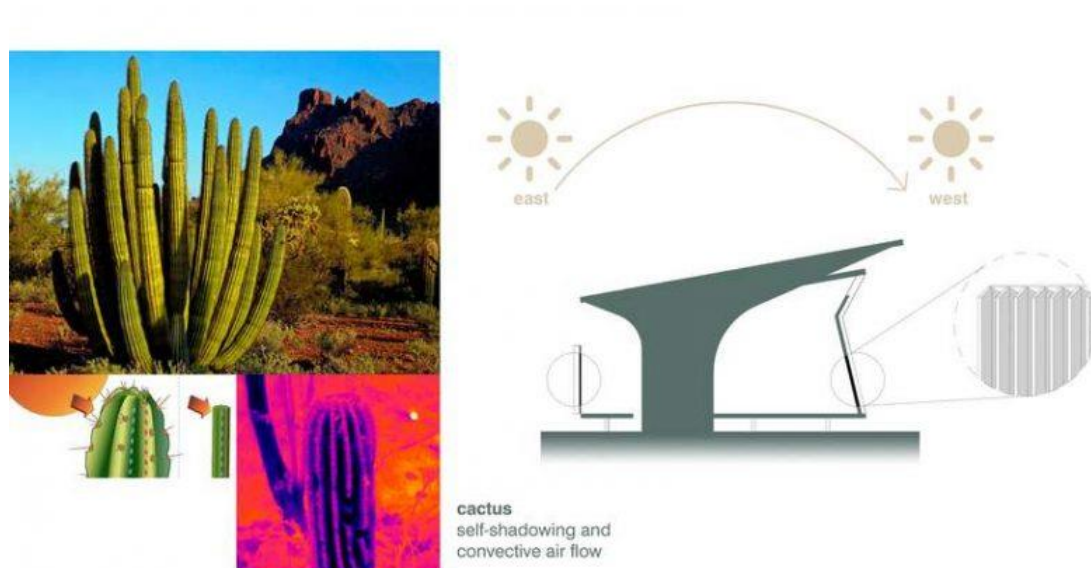
A Figura 7 traz a seção vertical de um dos bangalôs do projeto demonstrando a implantação dos dutos de ventilação e jardim na cobertura das acomodações.

**Figura 7:** Seção de um bangalô do Votu Hotel

Fonte. GCP Arquitetura e Urbanismo, 2016.

Outro ponto de destaque do projeto do Votu Hotel, é que o fechamento das acomodações (bangalôs) foi inspirado na capacidade de auto-sombreamento de alguns cactos, que contam com longos espinhos e dobras para amenizar os extremos de calor e exposição solar. Nos cactos, as dobras profundas oferecem sombra parcial, resfriando o ar no lado sombreado e criando um sistema que facilita a circulação e minimiza a absorção de calor. O projeto do Votu Hotel imita tal estratégia através da adoção de brises verticais de madeira que proporcionam esse sistema de auto-sombreamento, conforme exemplificado nas Figuras 8 e 9.

**Figura 8:** Votu Hotel e a solução de bloqueio da incidência solar encontrada nos cactos



Fonte. GCP Arquitetura e Urbanismo, 2016.

A Figura 9 mostra a perspectiva 3D de um dos bangalôs do projeto Votu Hotel e exemplifica a execução dos brises verticais inspirados na morfologia do cacto e de sua função de auto-sombreamento.

**Figura 9:** Votu Hotel - Perspectiva 3D de um dos bangalôs



Fonte. GCP Arquitetura e Urbanismo, 2016.

### 3.4.3 Estudo de Caso - Materiais para a Construção Civil e *Material Ecology*

A aplicação da biomimética na construção civil pode ser desenvolvida de diversas maneiras. Entretanto, para este trabalho será destacado o desenvolvimento de materiais e tecnologias para a construção civil através da biomimética.

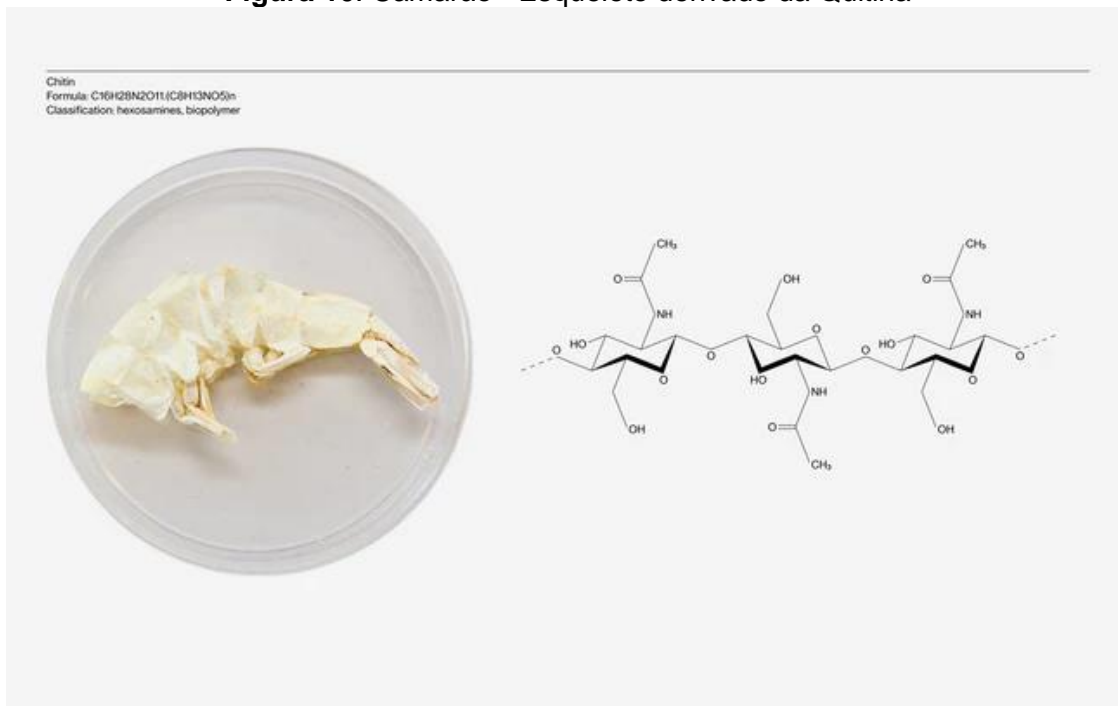
Um dos exemplos destacados é a conjunção de tecnologia da informação, biologia sintética e engenharia de materiais que culminaram na criação do Mediated Matter - um grupo de pesquisas do MIT (Massachusetts Institute of Technology) que está desenvolvendo o que seria a concretização máxima da aproximação da Arquitetura e da Engenharia de Materiais com a natureza - e que poderá ser o início de uma edificação “viva”, orgânica, capaz de crescer no espaço e no tempo e se adaptar às condições ambientais em contínua transformação. (NEVILLE, 2019. Abstract: The Art of Design).

Sob a liderança da arquiteta e pesquisadora do MIT, Neri Oxman, o Mediated Matter vem desenvolvendo estruturas, compostos e objetos inspirados, informados e projetados tendo a natureza como maior aliada e fonte de inspiração. A abordagem de Oxman, denominada Material Ecology (Ecologia de Materiais), já desenvolveu estruturas resistentes e biodegradáveis como o projeto Aguahoja. Tal projeto foi desenvolvido por Neri Oxman e ganhou as salas do MOMA (Museu de Arte Moderna) de Nova Iorque em 2020. A exibição contou com um pavilhão e uma série de artefatos construídos a partir de componentes moleculares encontrados em galhos de árvores, exoesqueletos de insetos e ossos humanos, conforme demonstrado pelas Figuras 10 a 13. A principal obra do Aguahoja foi a exibição de um exoesqueleto de quitina baseado em ecossistemas naturais, cujo processo de produção de materiais não permite o desperdício, assim como na natureza. A obra possui cinco metros de altura e é revestida por um biocompósito flexível com propriedades mecânicas, químicas e ópticas que foram classificadas funcionalmente e depositadas na estrutura, de forma robótica. Sendo assim, por meio da utilização da celulose e quitosana foi possível criar um padrão de superfície que altera a rigidez e a cor dos painéis em resposta a parâmetros ambientais, como calor e umidade. Quando exposta à chuva, essa “pele bio composta” se degrada programaticamente, restaurando seus componentes conforme seu ecossistema natural; e portanto continuando o ciclo natural que permitiu a sua manipulação. Mesmo pequenas alterações na composição molecular dos biocompósitos podem ter um impacto dramático em sua aparência e comportamento.



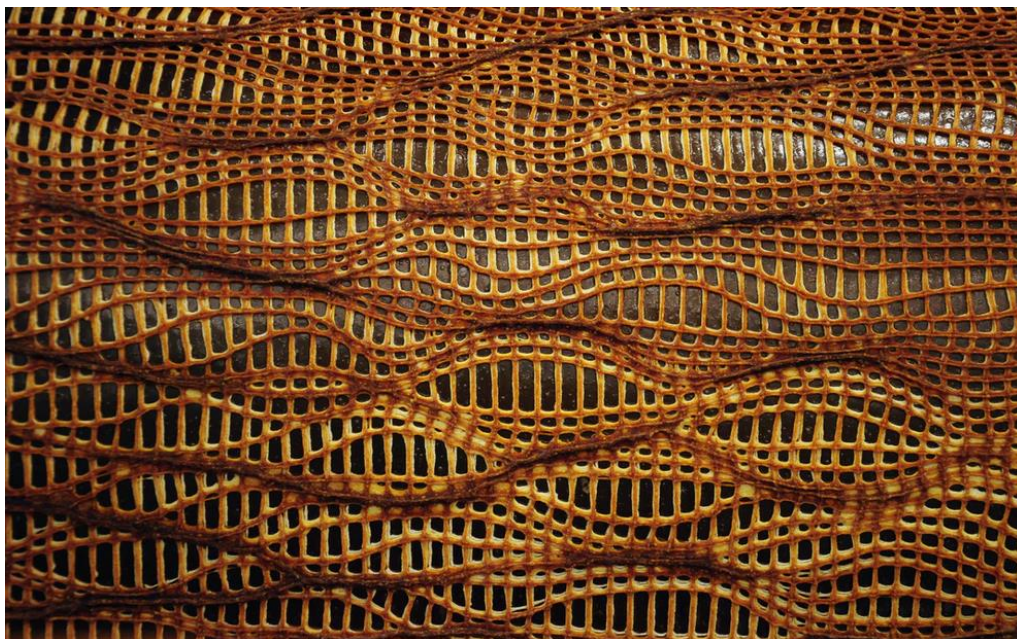
Todos os artefatos do Aquahoja são resultados dos anos de pesquisa em parametrização de materiais para desenvolver uma biblioteca de biocompósitos funcionais. Todas as peças da coleção, apesar da diversidade em forma e aparência, são compostas dos mesmos componentes: quitosana, celulose, pectina e água (NEVILLE, 2019. Abstract: The Art of Design).

**Figura 10:** Camarão - Esqueleto derivado da Quitina



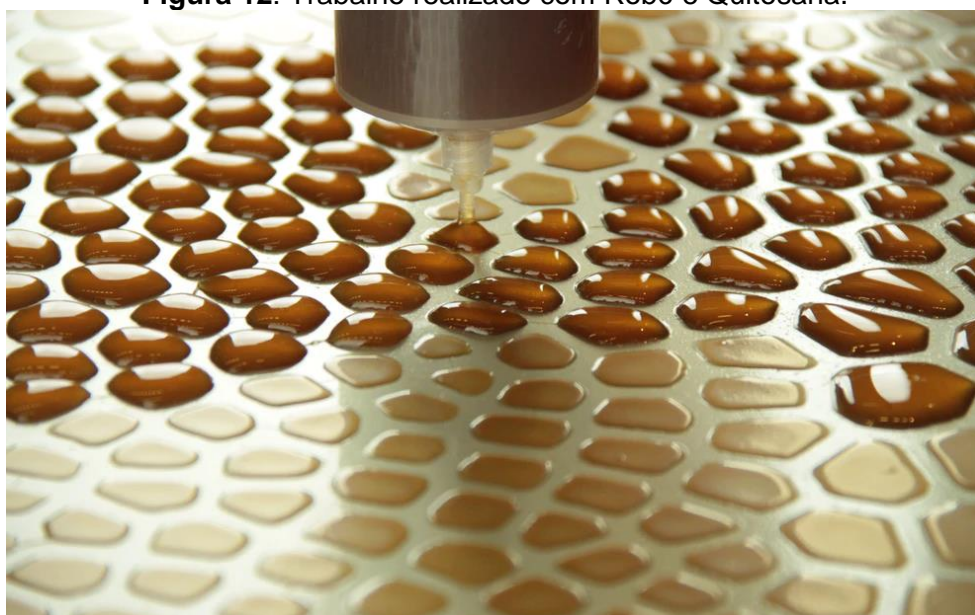
Fonte: Neri Oxman, 2020.

**Figura 11:** Textura de Quitosana



Fonte: Neri Oxman, 2020.

**Figura 12:** Trabalho realizado com Robô e Quitosana.



Fonte: Neri Oxman, 2020.

**Figura 13:** Pavilhão Aguahoja - MOMA, 2020



Fonte: Neri Oxman, 2020.

Outro exemplo da utilização de padrões e substâncias naturais na arquitetura e construção civil é a manipulação do coir (fibra do coco). Tal substância é um composto extraído da casca do coco maduro que possui características atrativas para a produção de revestimentos e estruturas ao considerar a sua robustez, força e elevada resistência à abrasão (MAJID ALI, 2011).

A fibra de coco é uma das fibras naturais que está abundantemente disponível em regiões tropicais representando uma grande vantagem para países como o Brasil.

Segundo MAJID ALI (2011), os cientistas RAMAKRISHNA E SANDARARAJAN (2005) desenvolveram diversos estudos nos quais testaram quatro fibras naturais: coir, sisal, juta e hibiscus cannabinus.

Um dos testes consistiu em submeter as fibras a um processo alternado de umedecimento e secagem. Durante cerca de dois meses, as fibras foram submersas em três substâncias: água, cal saturado e hidróxido de sódio. Após o teste, foi possível analisar que a composição química de todas as fibras, com exceção do coir, foram alteradas e perderam sua força. Já a fibra de coco manteve sua capacidade de resistência à tração original (MAJID ALI, 2011).

Uma vez testadas e garantidas as propriedades físicas, químicas e mecânicas, chegou-se à conclusão de que o coir é um material altamente qualificado para a construção civil. Além disso, a fibra de côco é à prova de traças, resistente à fungos e podridão, isolante térmico e acústico, possui ação retardadora de chamas, é anti absorvente (não absorvem a umidade), não deforma com facilidade além de ser a fibra mais dúctil entre todas as fibras naturais, uma vez que o coir contém celulose, hemicelulose e lignina como composição principal, o que lhe proporciona a possibilidade de ser esticado de 4-6 vezes mais que qualquer outra fibra sem que seja rompido ou tenha sua flexibilidade afetada. (MAJID ALI, 2011 apud RAMAKRISHNA E SANDARARAJAN 2005).

A fibra do coco vem sendo incorporada em algumas propostas como o desenvolvimento de telhas.

A telha elaborada a partir da fibra de coco juntamente com embalagens de tetra pak reaproveitadas, por exemplo, foi desenvolvida por estudantes brasileiros e visa reciclar as embalagens tetra pak cujo processo de reciclagem é complexo e acaba levando muitas cooperativas de catadores a descartar o material (CAMARGO, 2018). As embalagens tetra pak são feitas de três materiais diferentes: camadas de papel, alumínio e polietileno. Desmontar a estrutura do tetra pak para reciclagem é um desafio para as cooperativas, segundo CAMARGO (2018).

Além disso, conforme a autora, a telha desenvolvida pelos estudantes foi atestada por profissionais da construção civil, além de ter sido um dos projetos finalistas do prêmio da 11ª Feira Tecnológica do Centro Paula Souza (FEBRACE) 2017. Outro fator de destaque é que o produto pode suportar uma carga de 150 quilos por metro quadrado, são aproximadamente 15 quilos mais leves se comparado com as telhas convencionais e possuem vida útil de aproximadamente 25 anos, além de ser ecológico e sustentável.

Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (Abrecon), o desperdício do Tetra Pak, chega a 8 bilhões de reais anualmente (CAMARGO, 2018).

A Figura 14 exemplifica o material criado ao demonstrar a telha de fibra de coco e tetra pak desenvolvida pelos estudantes brasileiros Keylla Maria, Danielli Santos e Eduardo Correia.

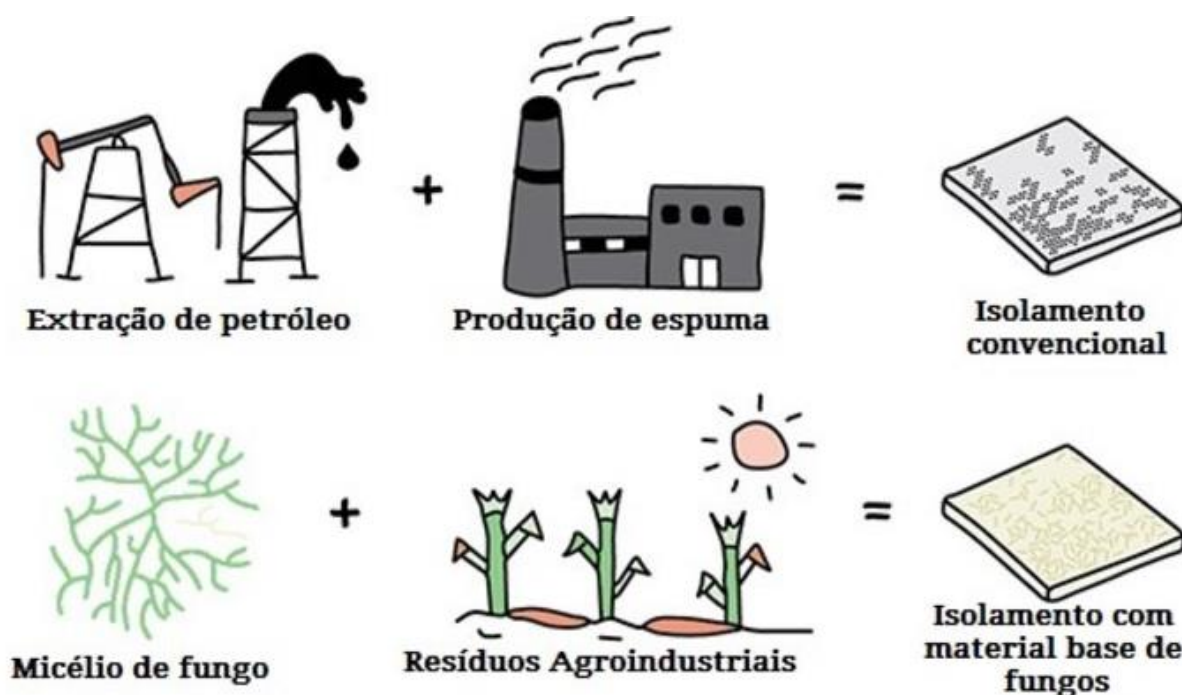
**Figura 14:** Telha de Fibra de Coco e Tetra Pak.



Fonte: Conexão Planeta, 2018.

Outro composto muito interessante e que será considerado no projeto desenvolvido neste trabalho, é o Micélio. Tal material vem sendo estudado após a descoberta de propriedades isolantes além de altamente resistentes e duráveis. Um dos exemplos atuais de utilização do micélio na construção civil é o produto da startup de biotecnologia US, que desenvolveu um sistema que utiliza subprodutos da agricultura misturados a um micélio fúngico (um aglutinante natural) para cultivar um isolamento de alto desempenho. Chamado de Ecovative Mushroom Insulation, o produto é visto como uma alternativa viável a espumas plásticas usadas no isolamento de edifícios, como por exemplo o poliestireno. Na Figura 15 é possível observar um comparativo ilustrado da produção de ambas tecnologias.

**Figura 15:** Produção de espuma de poliestireno x isolamento à base de micélio.



Fonte: Ecovative adaptado, 2021.

A maioria dos painéis rígidos de isolamento comumente utilizados (como poliestireno extrudado), são desenvolvidos utilizando produtos petroquímicos, não renováveis e frequentemente apresentam gases poluentes que se “desprendem” com o passar do tempo. Além disso, praticamente todos os painéis rígidos e isolamentos maleáveis apresentam em sua composição químicos retardantes de fogo a fim de atender os códigos de segurança contra incêndios. (FOSTER, 2014)

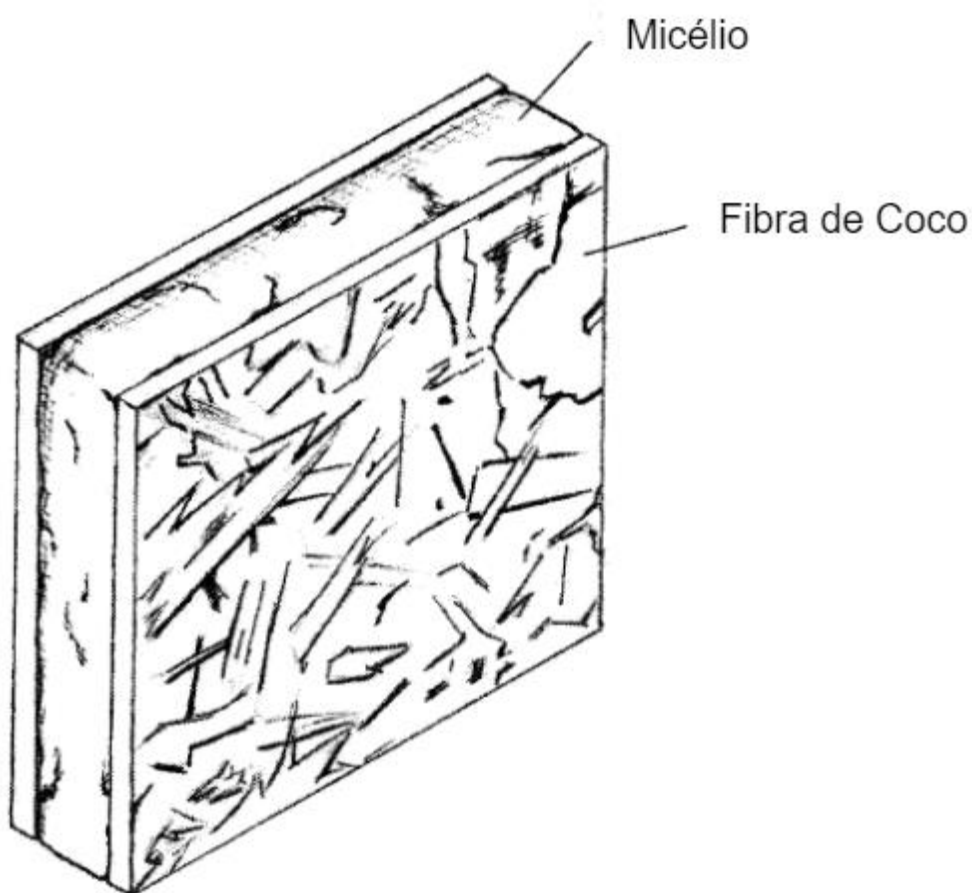
O processo que envolve o desenvolvimento dos painéis da Ecovative consiste em embalar o micélio entre tábuas de pinus resultando em um produto similar aos painéis estruturais isolantes já disponíveis no mercado, com a vantagem de que a camada contínua de isolamento formada pelo fungo, não apresenta pontes térmicas (pontos de perda de calor). Além disso, os fungos naturalmente secam e entram em estado de dormência em aproximadamente um mês (FOSTER, 2014).

Seguindo o desenvolvimento dos painéis da Ecovative, deve-se destacar a utilização dos N-SIP's (Natural Structural Insulated Panels) na construção civil.

O N-SIP é um sistema de construção seca que apresenta uma grande resistência, economia, conforto e sustentabilidade se comparado ao sistema convencional de construção desenvolvido com tijolos e concreto. Tal material é recomendado e possui bom desempenho ao ser incorporado nas estruturas de paredes, divisórias, piso e telhado (UDDIN E KALYANKAR, 2011).

Além disso, se comparado ao sistema SIP tradicional que utiliza OSB (Oriented Strand Board) em sua composição, os N-SIP's utilizam menos energia em sua fabricação, são mais leves, mais eficientes, são recicláveis, biodegradáveis e possibilitam o desenvolvimento de módulos mais específicos. As vantagens em utilizar fibras naturais como o coir no desenvolvimento de painéis e estruturas já vem sendo estudada e utilizada na indústria automobilística para o desenvolvimento de portas e painéis da carroceria, assim como na construção civil ao integrar as fibras do coco aos painéis N-SIP (UDDIN E KALYANKAR, 2011), conforme exemplificado pelas Figuras 16 e 17.

**Figura 16:** Paineis N-SIP



Fonte: BAYER, MCINTYRE E SWERSEY (2012), adaptado.

**Figura 17:** Exemplo de painéis SIP tradicionais sendo utilizados em um projeto residencial.



Fonte: Construção Produtiva, 2016.

### **3.5 METODOLOGIA PARA PROJETOS BIOMIMÉTICOS**

A fim de facilitar a aplicação da biomimética, além de estimular o desenvolvimento de novos projetos e tecnologias inovadoras, o Biomimicry Institute 3.8 criou os “princípios da vida”, uma série de lições de design aprendidos a partir dos processos da natureza que poderão guiar pesquisadores e curiosos, conforme exemplificado na Figura 18. São eles:

- 1) Evoluir para sobreviver: Está relacionado à estratégias de gerenciamento de informações. Listando: datar estratégias; identificar abordagens de sucesso anteriores; identificar erros; integrar soluções alternativas a um mesmo problema; e evoluir as abordagens criando novas opções de soluções.
- 2) Ser eficiente (materiais e energia): Está relacionado à integração de múltiplas necessidades em soluções inteligentes que visam evitar o desperdício; minimizar o consumo energético; buscar fontes renováveis; gerenciar o uso de materiais em ciclo, ou seja, planejar o ciclo de vida. Segundo este preceito, a forma deve seguir a função (desempenho pretendido).
- 3) Adaptar-se às condições de mudanças: Envolve a adoção de soluções que permitam a resiliência, redundância e descentralização do sistema. Permite a adição de energia e matéria, desde que voltado para reparar/sanar e melhorar



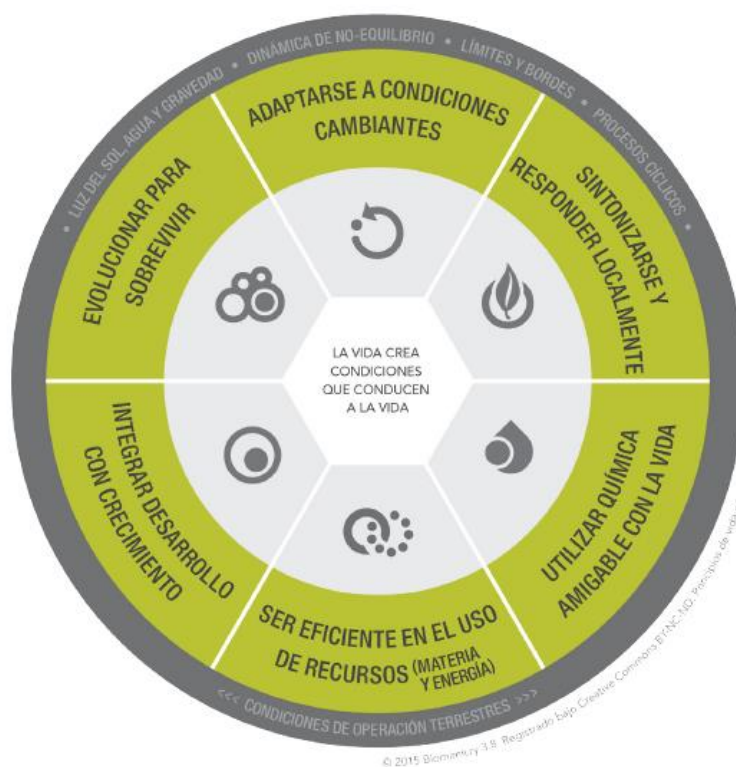
o desempenho do sistema. Incorporar a diversidade que o rodeia (estudar processos, funções e formas para prover um melhor funcionamento).

4) Integrar conhecimento e crescimento: Está relacionado à junção de elementos modulares e sistemas que evoluem desde o mais simples até o mais complexo; compreender o funcionamento do todo e também dos pequenos componentes e sistemas que o compõe; ser capaz de construí-lo de baixo para cima; criar condições para que os componentes interagem de uma forma que o todo consiga ter propriedades de auto-organização.

5) Ser atento e responsivo às questões locais: Envolve o uso de materiais locais a fim de mitigar os impactos de deslocamento; cultivar processos de cooperação mútua, onde todos ganham; tirar proveitos de fenômenos locais que se repetem (clima, ciclos, etc); incluir o fluxo de informações em processos cíclicos, nunca lineares.

6) Usar química amigável à vida: Está direcionado ao uso de poucos elementos de uma forma inteligente e integrada; usar química favorável à vida, ou seja, evitar produtos tóxicos; usar água como solvente.

**Figura 18:** Gráfico dos Princípios da Vida.



Fonte: Biomimicry Institute 3.8, 2016.

A partir disso, o Biomimicry Institute também desenvolveu um método intitulado “Biomimicry Thinking” (pensamento biomimético), que pode ser aplicado a qualquer projeto de inovação, independente da área na qual ele será aplicado/desenvolvido. O método possui dois momentos: O primeiro, aborda três elementos essenciais para a prática do biomimetismo. O segundo, abrange o desenvolvimento de quatro fases que definem o desenvolvimento do projeto biomimético.

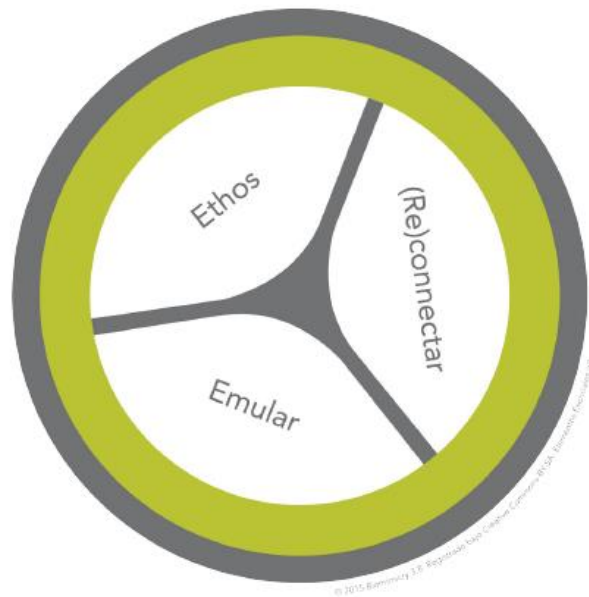
### 3.5.1 Elementos Essenciais

Segundo o método desenvolvido pelo Biomimicry Institute, existem 3 elementos indispensáveis e interconectados, que irão conduzir todo o processo de desenvolvimento do projeto, conforme exemplificado na Figura 19.

- 1) **Ethos** é uma representação do respeito, responsabilidade e gratidão da espécie humana pelo planeta.
- 2) **(Re) Conexão** indica que o ser humano faz parte da natureza e que as pessoas e natureza estão na verdade profundamente entrelaçadas. Nessa perspectiva, existe uma reconexão do humano com o meio natural.

- 3) **Emulação** representa os princípios, padrões, estratégias e funções encontradas na natureza que podem inspirar o design. A emulação representa um sentimento que instiga a imitar ou a exceder outrem, de forma estimulante e cooperativa. (BIOMIMICRY INSTITUTE 3.8, 2016).

**Figura 19:** Elementos essenciais para a prática do biomimetismo



Fonte: Biomimicry Institute 3.8, 2016.

### 3.5.2 As 4 Fases para o Desenvolvimento do Projeto

A partir dos princípios da vida e dos 3 elementos essenciais foi desenvolvido, também pelo Biomimicry Institute, um gráfico circular que define as etapas a serem cumpridas para que a perspectiva de design da biomimética forneça um maior valor ao longo do processo de criação (independentemente da disciplina ou área do projeto). São elas: contextualizar, descobrir, criar e avaliar.

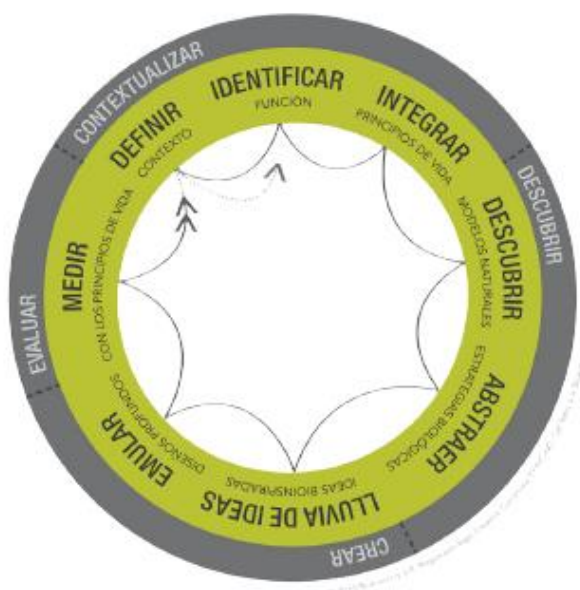
- 1) Contextualizar (escopo): onde será definida a função do modelo/projeto que e o contexto onde essa função será executada;
- 2) Descobrir: onde serão pesquisados os modelos naturais que já executam essa função a fim de abstrair os princípios de design encontrados para adequá-los aos desafios do projeto;

- 3) Criar: onde engenheiros e designers partem dos princípios de design encontrados para gerar protótipos;
- 4) Avaliar: onde serão usados os Princípios da Vida para identificar oportunidades de melhoria nas soluções encontradas.(Biomimicry Institute 3.8, 2016)

### 3.5.3 Plano para o Desenvolvimento de Projeto Arquitetônico de Biomimética

O “Desafio para a Biologia” é um gráfico cíclico que traduz o método de pensamento biomimético a ser empregado no objeto proposto. A lógica de desenvolvimento se dá seguindo as 4 fases (contextualizar, descobrir, criar e avaliar) no sentido horário, conforme demonstrado na Figura 20.

Figura 20: Desafio de Biologia.



Fonte: Biomimicry Institute 3.8, 2016.

O caminho é iniciado na fase “contextualizar” com o ponto “definir”, onde há a identificação da problemática. Em seguida, deve-se estabelecer a função do projeto/proposta em “Identificar” e adaptar o projeto/proposta aos princípios da vida no ponto “Integrar”. Feito isso, inicia-se a fase “descobrir” ao buscar uma solução inspirada na natureza e abstrair a ideia do conceito. Em seguida inicia-se a fase “criar”, onde o projeto é desenvolvido e são criadas propostas e modelos.

Por fim, chega-se à etapa “Avaliar”, onde as propostas e hipóteses são validadas revisitando os princípios da vida.

O “Desafio de Biologia” é um caminho específico, útil para criação de cenários, quando se tem um problema específico e se está buscando ideias biológicas para a solução (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2016).

Segundo o Biomimicry Institute, os melhores resultados serão alcançados a partir do momento em que o caminho proposto é revisitado diversas vezes.

## 4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto proposto neste trabalho, foi considerada a metodologia criada pelo Biomimicry Institute intitulada, “Biomimicry Thinking” (pensamento biomimético) através do gráfico “Desafio para a Biologia”.

Dessa forma, foi desenvolvido o escopo do projeto de abrigo para refugiados climáticos definido a partir da necessidade de se criar um produto arquitetônico que atenda a urgente necessidade de moradia desses indivíduos, utilizando técnicas sustentáveis combinadas à rapidez de transporte, agilidade na montagem e eficiência no desempenho, conforme demonstrado na Tabela 4.

**Tabela 1** - Critérios adotados para o desenvolvimento do projeto

Fase	Etapa	Ordem	Descrição
Contextualizar	Definir	1	Projeto arquitetônico residencial e Programa.
	Identificar	2	Abrigo para refugiados climáticos.
	Integrar	3	Partido arquitetônico resiliente, transporte facilitado, montagem rápida, técnicas e materiais sustentáveis.
Descobrir	Descobrir	4	Tocas e abrigos de animais. Materiais mais resistentes a fim de diminuir a quantidade de recursos. Reaproveitar resíduos.
	Abstrair	5	Hexágono (forma encontrada na colmeia) Fibra de côco Micélio
Criar	Brainstorm	6	Partido Fechamento Cobertura Estrutura Fundação
			Desenvolver simulação
Avaliar	Medir	8	Princípios da Vida foram atendidos?

Fonte: A AUTORA, 2021.

#### 4.1 CONTEXTUALIZAR, DESCOBRIR E CRIAR

Seguindo o objetivo de criar um abrigo para refugiados climáticos conforme os princípios da biomimética e gráfico “Desafio para a Biologia”, foram considerados os programas de necessidades de dois concursos públicos diferentes. Juntos, os programas do concurso para casa da mulher Kaira Loro (2021)<sup>3</sup> e o concurso de abrigos temporários para refugiados da Skope Intercâmbio Cultural (2018)<sup>4</sup>, formaram o programa adotado no desenvolvimento do abrigo para refugiados climáticos proposto por este trabalho.

Conforme descrito no edital do concurso da Skope Intercâmbio Cultural (2018), o projeto consiste em uma habitação temporária, com a finalidade de abrigar uma família ou grupo de refugiados durante o período necessário à sua permanência em um campo de refugiados. A habitação deve contar com os critérios descritos nas Tabelas 4.1.1 e 4.1.2.

**Tabela 4.1.1** - Programa de necessidades do concurso público Skope Intercâmbio Cultural

Concurso	Programa	Observações
SKOPE Intercâmbio Cultural 2018	A habitação deverá contar com: - No máximo de 25 m <sup>2</sup> de área construída; - Pé direito com altura máxima de 5 metros; - Podendo haver (ou não) outros patamares, com ocupação máxima de 50% da área projetada no pavimento inferior; - Os participantes são livres para definirem o local a ser projetada a habitação, ou seja, pode ocorrer em qualquer país/região a critério do/a participante do concurso. Do mesmo modo, é livre a opção por estrutura permanente ou móvel.	
	Os participantes são livres para definirem o local a ser projetada a habitação, ou seja, pode ocorrer em qualquer país/região a critério do/a participante do concurso. Do mesmo modo, é livre a opção por estrutura permanente ou móvel, com a possibilidade de transportá-la ou não a outros locais. É exigida na proposta, a apresentação de apenas uma única unidade modelo do que seria a habitação. Entretanto, pode ser especificado no projeto como deve ser a replicação, a fim de atender ao maior número possível de pessoas em um campo de refugiados. O projeto deverá ser pensado, ainda, a prezar por algo essencial para aqueles que estão em situação de tamanha vulnerabilidade: o respeito à dignidade humana.	Terreno genérico de implantação: Por se tratar de um terreno genérico, o/a participante deverá projetar a habitação em terreno preferencialment e plano.
	Habitação temporária projetada para atender a uma família ou grupo de pessoas em situação de refúgio;	

	- A habitação precisa permitir que os habitantes realizem suas atividades básicas e elementares, como alimentação, descanso, higiene e convivência.	
	- Cabe ao/a participante definir e delimitar o número ideal de moradores da habitação. É importante lembrar que este é um exercício meramente acadêmico, não havendo previsão ou obrigação de implantação por parte dos organizadores.	

Fonte: Concurso SKOPE Intercâmbio Cultural, 2018.

**Tabela 4.1.2** - Programa de necessidades do concurso público Kaira Looro.

Concurso	Programa	Crerios Técnicos
Kaira Looro 2021	O projeto deve ser realizado em autoconstrução em colaboração com as comunidades beneficiárias e por isso tem que respeitar as seguintes exigências durante o processo de construção: - a realização tem que prever um processo simples e atual através de tecnologias sustentáveis que podem adaptar-se ao método da autoconstrução, sem requerer a utilização de veículos pesados ou equipamento complexo. - A utilização de materiais naturais e/ou reciclados, presentes no território, no intento de limitar o impacto econômico e ambiental devido ao transporte, gerando ao mesmo tempo uma rentabilidade no contexto local. - Integrar-se no contexto sociocultural do território graças a reinterpretação e ao mesmo tempo respeito das tradições locais.	A arquitetura terá que respeitar essas características: - Superfície máxima coberta de 200 metros quadrados, onde atuarão as ditas atividades. - Solo andar térreo; - Os espaços arquitetônicos deverão ser flexíveis e adaptáveis; - O custo individual de materiais de construção não pode superar os 18.000 €; - De preferência os materiais usados deverão ser naturais, reciclados ou de rejeito assim como facilmente atingíveis nos entornos; - Promover tecnologias sustentáveis e ecológicas ao longo do processo de construção; - Realizável de maneira simples através da autoconstrução; - Preferir a escolha de soluções que favorecem a reciclagem de recursos naturais;
	Os espaços da estrutura acolherão as seguintes atividades através do planejamento que os colocarás de forma independente ou relacionados entre-os, em função da ideia do projetista. 1. Gestão e organização. A estrutura terá que constar de um espaço designado para a administração, finalizado a correta gestão e organização das atividades. 2. Diálogo. Um entre os objetivos do projeto consiste no apoiar o diálogo entre as autoridades e as associações presentes no território. Portanto, a estrutura terá que incluir um espaço destinado as reuniões com uma capacidade máxima de 10-15 indivíduos. 3. Atividades coletivas. O objetivo fundamental do projeto é a promoção da igualdade dos gêneros e direitos humanos, através da organização de seminários, workshops e exposições assim como	



	atividades finalizadas a sensibilizar as comunidades. Para as ditas atividades corresponderá então um espaço cujo requisito seja a possibilidade de adaptar-se as necessidades de cada atividade, também no caso em que ocorram simultaneamente.
--	--

Fonte: Concurso Kaira Looor, 2021.

A partir da análise dos programas de necessidade dos concursos supracitados, foi desenvolvido um novo programa de necessidades para o projeto proposto neste trabalho, conforme descrito na Tabela 4.1.3.

**Tabela 4.1.3** - Programa de necessidades desenvolvido para o projeto de abrigo para refugiados climáticos

Concurso	Programa básico	Observações
Abrigo para refugiados climáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitação semi-temporária projetada para atender 2 pessoas;</li> <li>- Ter até 30 m<sup>2</sup> construídos;</li> <li>- A habitação precisa permitir que os habitantes realizem suas atividades básicas e elementares, como alimentação, descanso, higiene e convivência;</li> <li>- Integrar-se ao território e possibilitar a integração entre os moradores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A arquitetura terá que respeitar essas características:</li> <li>- Cada unidade poderá contar com apenas 1 pavimento;</li> <li>- Dar preferência aos materiais naturais, reciclados ou de rejeito.</li> <li>- Promover tecnologias sustentáveis e ecológicas ao longo do processo.</li> <li>- Utilização de tecnologias que podem adaptar-se ao método da auto-construção ou requerer menor utilização de veículos pesados ou equipamento complexo;</li> </ul>

Fonte: A AUTORA, 2021.

<sup>3</sup> Concurso Kaira Looor 2021 [https://www.kairalooor.com/competition\\_womenshouse/en\\_index.html](https://www.kairalooor.com/competition_womenshouse/en_index.html)

<sup>4</sup> Concurso Skope Intercâmbio Cultural <http://skope.ca/pt/blog/concursos-culturais/concurso-arquitetura-002-habitacao-temporaria-para-refugiados>

A partir da metodologia implantada e do desenvolvimento do programa de necessidades descrito na Tabela 4.1.3, foi possível desenvolver a modelagem do objeto proposto. Dessa forma, foi considerada uma edificação de até 30 m<sup>2</sup>, que

possibilite abrigar seus residentes durante um tempo maior, e portanto seja mais duradoura visto que, segundo HARROUK (2010), a maioria dos indivíduos considerados refugiados permanece por até 16 anos em estruturas temporárias. Assim, o abrigo proposto neste trabalho deverá considerar abrigar os refugiados por tempo indeterminado.

Quanto ao concurso Skope Intercâmbio Cultural (2018), foram mantidas as premissas gerais ao garantir uma moradia digna e acolhedora para os indivíduos em situação vulnerável que a ocuparão, além de projetar espaços que possibilitam o desenvolvimento de atividades como alimentação, descanso, higiene e convivência. O projeto para abrigo de refugiados climáticos conta com 25m<sup>2</sup> distribuídos nos ambientes: sala de estar/jantar, cozinha, banheiro, quarto e um deck/varanda, destinados a abrigar 2 pessoas.

Outro ponto que também foi incorporado ao programa do projeto proposto, e que pertence às diretrizes do concurso Skope Intercâmbio Cultural (2018) é a simulação da edificação sobre um terreno genérico e a adoção de um pé-direito inferior a 5,0m. Já em relação ao concurso Kaira Loro (2021), foram incorporadas as premissas de adoção de tecnologias e materiais reutilizáveis, assim como facilmente recicláveis. Para isso, foram desenvolvidas escolhas biomiméticas, iniciando pelo partido arquitetônico.

O partido arquitetônico adotado é hexagonal e foi incorporado ao projeto através da técnica de analogia com o hexágono aplicado nas colmeias das abelhas.

Tal escolha se baseou na possibilidade de trazer maior estabilidade ao projeto utilizando menor quantidade de material e adotando uma solução estrutural mais leve, se comparada às técnicas mais tradicionais como o uso de paredes de concreto e blocos de cerâmica.

A estrutura do projeto se baseia na composição em camadas, presentes nas estruturas de frutos como o coco, por meio dos painéis N-SIP (Natural Structural Insulated Panels) que adotam o coir como lâmina e o micélio como essência, conforme sugerido no estudo de BAYER, MCINTYRE E SWERSEY (2012) e também no trabalho de COELHO (2016), exemplificado anteriormente pelas Figuras 14 e 15. Os N-SIP's possuem uma adequação maior aos princípios da vida propostos pelo Biomimicry Institute ao utilizar materiais naturais em sua composição e portanto diminuir a energia incorporada, além de possuir um ciclo de vida mais sustentável.

As demais escolhas biomiméticas desenvolvidas para o projeto foram a cobertura,

cujas telhas são de fibra de coco e tetrapak; a fundação feita de madeira, e pneus para formarem uma sapata isolada; o revestimento externo e do deck em madeira ecológica e a projeção de brises sobre a cobertura e parte da fachada, baseadas no sistema de auto-sombreamento dos cactos.

Outros detalhes que fizeram parte do processo de criação, também poderão ser analisados no Apêndice C, onde serão disponibilizadas imagens dos croquis e briefings desenvolvidos para o projeto.

#### **4.2 AVALIAR**

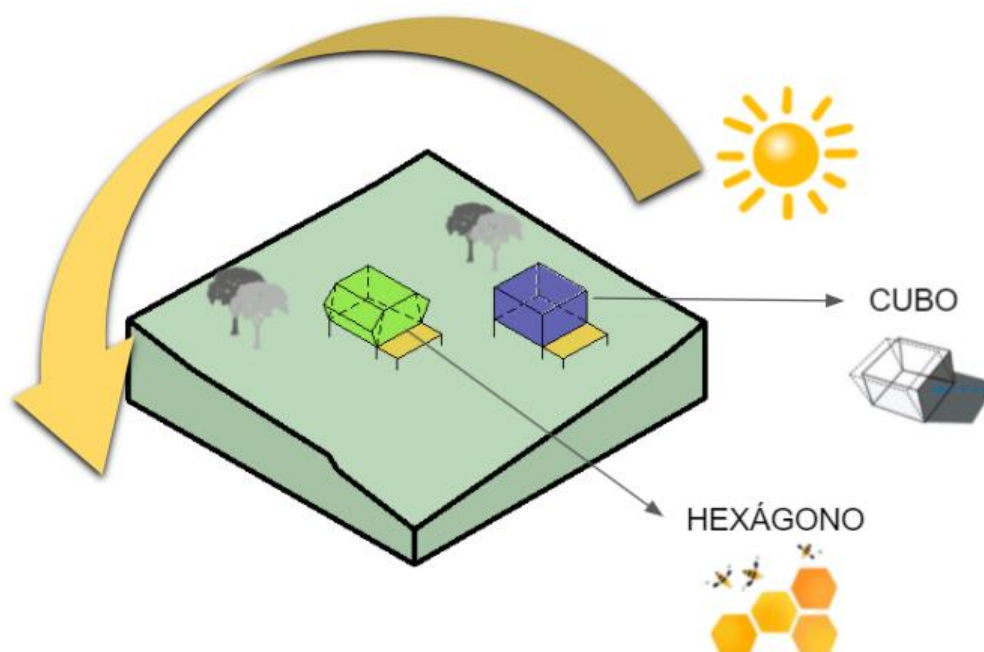
Alguns elementos foram acrescentados ao projeto após o desenvolvimento da modelagem (passo 7, emulação). Ao desenvolver o projeto proposto, constatou-se que, apesar de o formato hexagonal da edificação proporcionar maior estabilidade se comparada às formas retangulares, além de oferecer uma maior flexibilidade no posicionamento do modelo em relação à orientação solar (inibindo a incidência solar direta ao permitir a locação das janelas em posições inclinadas), assim como proporcionar uma sensação de maior amplitude do ambiente; foi incorporado ao partido do projeto a projeção de brises verticais cujo objetivo é proteger parte da fachada e do deck à frente da edificação.

Dessa forma, amplia-se a proteção da fachada e conseqüentemente a possibilidade de posicionamento da edificação em um terreno genérico.

Outro ponto favorecido pelo partido, foi a possibilidade de incluir o abastecimento de água de maneira individual para cada unidade habitacional, conforme exemplificado pela Figura 26.

Além disso, o espaço gerado oferece a possibilidade de armazenar objetos, conforme a necessidade dos ocupantes.

A Figura 21 traz um diagrama comparativo entre os partidos retangulares e hexagonais estudados para o projeto.

**Figura 21:** Diagrama - Partido Arquitetônico

Fonte: A autora, 2021.

Quanto à fundação, inicialmente foi considerada a fundação em radier, entretanto a escolha final foi a de adotar sapata isolada feita por meio de pneus com auxílio de vigas de madeira tratada e impermeabilizada que elevam a edificação em até 50 cm da topografia. Tal solução é uma adaptação do modelo já comumente desenvolvido para casas de madeira, conforme os exemplos das Figuras 22 e 23, e que diminui a complexidade de execução ao optar por materiais reutilizáveis e com uma pegada de carbono inferior ao concreto que seria utilizado na fundação do tipo radier.

**Figura 22:** Fundação de Casa de Madeira - Utilização de Sapata Isolada



Fonte: <https://chaledemadeira.com/construcao/fundacao-para-casas-de-madeira/>, 2021.

**Figura 23:** Fundação de Casa de Madeira - Utilização de pneus



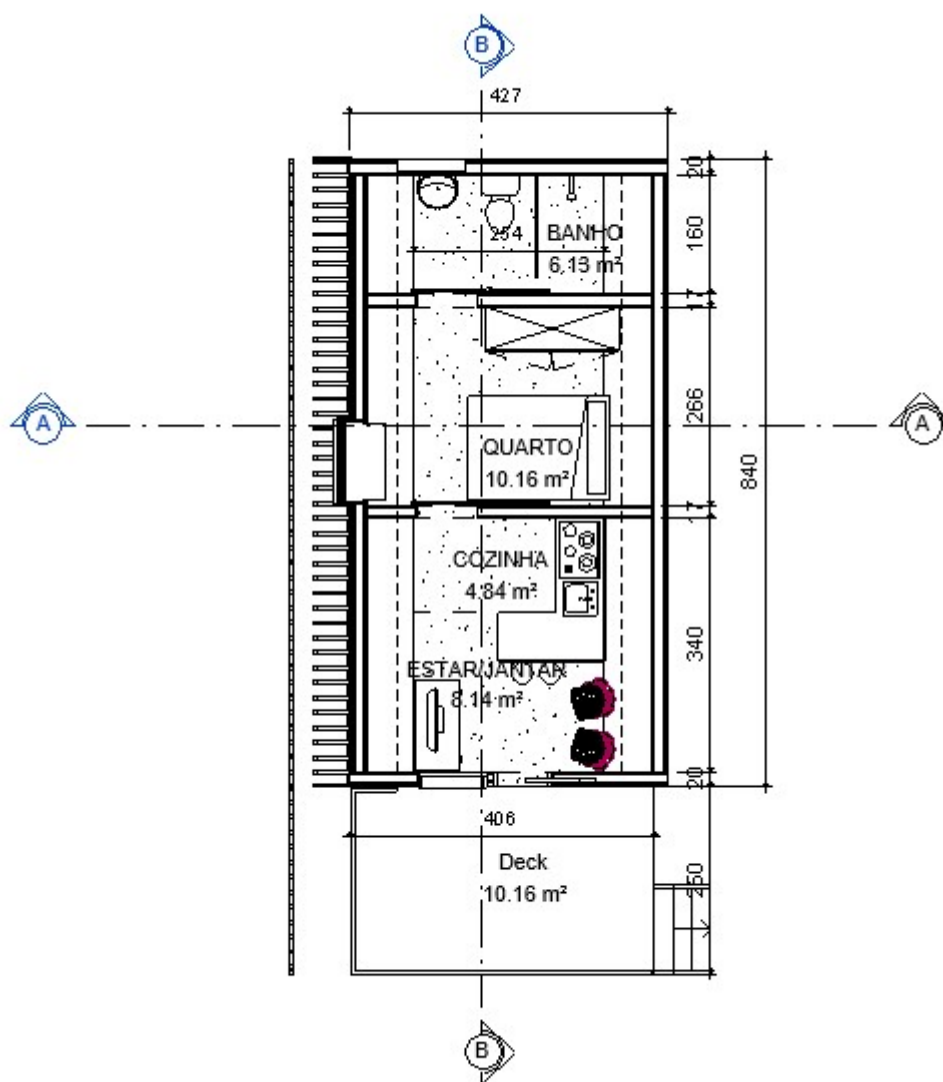
Fonte: <https://pt.decorexpro.com/fundament/iz-pokryshek/>, 2021.

Além disso, tal método não exige mão de obra especializada e pode ser desenvolvido com o auxílio dos próprios moradores e/ou de voluntários locais. Outro ponto importante é que, ao adotar a solução por sapata, foi possível elevar a edificação, aumentando as possibilidades de implantação desta no terreno (genérico), assim como o conforto térmico da edificação ao criar uma camada de ar entre o solo e os ambientes projetados, além de afastar a construção de possíveis terrenos com grande parcela de umidade.

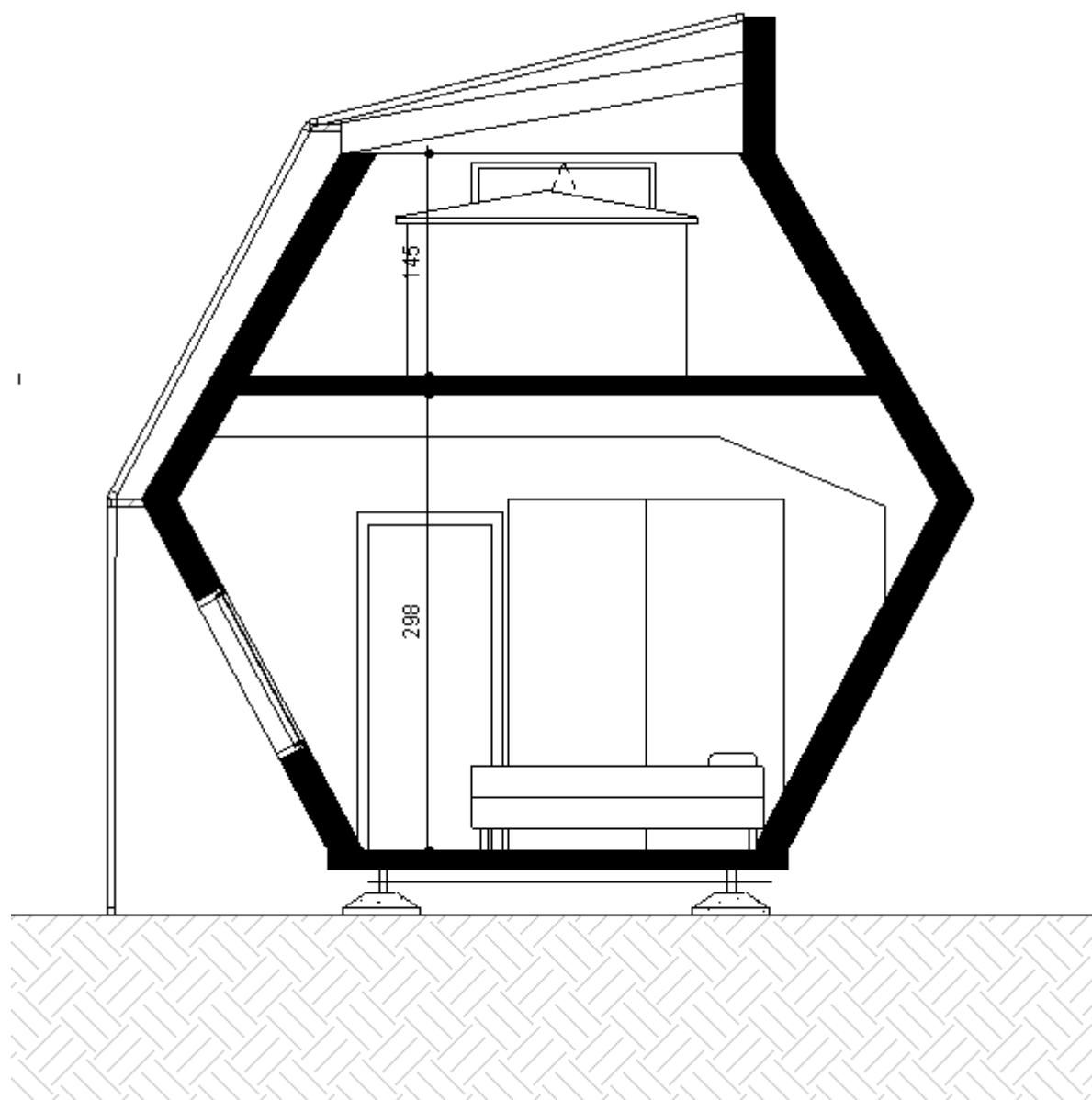
Dessa forma, pode-se afirmar que tanto os N-SIP's, quanto a fundação considerados no projeto, se comparadas à técnicas de execução mais tradicionais, reduzem a necessidade de mão de obra especializada, reduzem o tempo de execução e a necessidade de transporte dos materiais até o local de execução, e portanto reduzem os custos de obra. Assim, a edificação se torna adequada à situação de emergência em que os refugiados climáticos se encontram, ao acelerar o tempo de execução, bem como conduz o projeto à uma aproximação ainda maior com os "Princípios da Vida", ao Biomimicry Thinking e aos princípios da Biomimética desenvolvidos por Benyus (1997), ao utilizar escolhas biomiméticas e sustentáveis.

Nas Figuras 24 a 25 é possível analisar a planta baixa e as seções A e B do modelo projetado.

Figura 24: Planta Baixa - Honeycomb Hauss



Fonte: A autora, 2021.

**Figura 25:** Seção A - Honeycomb Hauss

Fonte: A autora, 2021.

**Figura 26:** Seção A - Honeycomb Hauss





Fonte: A autora, 2021.

O projeto final poderá ser melhor analisado no Apêndice A, onde será disponibilizada a prancha resumo, conforme o padrão exigido para os concursos anteriormente citados e que serviram de modelo para o desenvolvimento do produto arquitetônico proposto por este trabalho.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

“A capacidade de examinar o rio do tempo nos dá uma opção: seguir pela correnteza tal como sempre fizemos, ou entrar no remanso e aprender um caminho melhor.” (Janine Benyus, 1997)

A presente monografia visou conhecer a biomimética, avaliar se ela pode ser considerada um caminho viável para a sustentabilidade e realizar um projeto buscando atender uma demanda real utilizando o método do pensamento biomimético.

Para isso, a relação entre o homem e a natureza, o contexto histórico em que esta se desenvolveu e os caminhos a serem evitados para que tal relação se dê de forma mais equilibrada no futuro, foram abordados ao longo deste trabalho. Outro ponto crucial para compreender e avaliar o uso da biomimética foram as análises de métodos de aplicação da biomimética já existentes, por meio dos estudos de caso da implantação da biomimética na arquitetura, no desenvolvimento de materiais e tecnologias para a construção civil assim como os seus benefícios e desafios.

Analisando os exemplos estudados, constatou-se que a biomimética é uma disciplina que pode ser viável ambiental, social e economicamente, além de representar uma revolução completa na interação entre o ser humano e a natureza. As possibilidades de aproximação entre o homem e a natureza propostas pela biomimética, assim como a garantia da sobrevivência de todos os seres vivos se ampliaram através dos avanços tecnológicos disponíveis a partir do século XXI, conforme demonstrado pelo trabalho do Mediated Matter e da arquiteta Neri Oxman para o MIT.

Estudar como a natureza encontrou soluções e entender seus princípios de funcionamento podem ajudar a humanidade a evoluir para tecnologias que consomem menos energia, reduzem o uso de materiais, reciclam resíduos e trabalham de maneira sistêmica, regenerativa e circular, ao invés de destrutiva, para criar condições propícias para a vida, conforme demonstrado pelos estudos de caso apresentados.

O projeto desenvolvido neste trabalho por exemplo, que visa abrigar refugiados climáticos, incorporou escolhas biomiméticas e por meio destas foi possível criar uma edificação mais sustentável e mais eficiente ao utilizar menor quantidade de material, mão de obra, transporte e recursos naturais sem que a qualidade do projeto fosse prejudicada, além de oferecer um design único e uma moradia digna ao público alvo.

Sendo assim, é possível concluir que ao desenvolver e executar projetos de arquitetura biomimética, além de melhorar a relação com a natureza e promover bem-estar, o setor da construção civil estará também contribuindo no combate às mudanças climáticas, uma vez que, seguindo o biomimicry thinking e os princípios da vida, tais projetos inevitavelmente adotam técnicas de redução de gasto de energia, reduzem o consumo de recursos naturais, assim como o descarte de materiais e emissão de poluentes.

Apesar disso, a implantação da biomimética exige um esforço conjunto e a integração de diversas áreas, juntamente ao setor da construção, além do engajamento da sociedade civil e governos.

Entretanto, frente à ameaça iminente da extinção da vida de todo o planeta, a mudança na relação entre homem e natureza assim como na convivência em comunidade, parece um preço pequeno a ser pago.

A Revolução Biomimética proposta por BENYUS (1997) irá ampliar a colaboração entre todos os seres vivos a fim de solucionar o maior desafio da sociedade no século XXI: continuar seu desenvolvimento de forma sustentável e regenerativa a fim de garantir a sobrevivência de toda a raça humana, utilizando a natureza como sua maior aliada.

## 7 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Bruno Pinto de. As Relações Entre o Homem e a Natureza e a Crise Sócio-ambiental. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, Brasil, dezembro de 2007. Disponível em:  
<https://www.epsjv.fiocruz.br/upload/monografia/13.pdf> Acessado em: 19/06/2021
- ALI, Majid. Coconut fibre: A versatile material and its applications in engineering. Journal of Civil Engineering and Construction Technology Vol. 2(9), pp. 189-197, 2 Setembro, 2011. Disponível em  
<https://academicjournals.org/journal/JCECT/article-full-text-pdf/D540A213064>  
Acessado em 05/06/2021.
- ARRUDA, Amilton. FREITAS, Theska Laila de. Novas Estratégias da Biomimética: As Analogias no Biodesign e na Bioarquitetura. Mix Sustentável, Florianópolis, v.4, n.1, p.73-82, março de 2018. Disponível em  
<https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/2526/1546>.  
Acessado em 21/07/2021.
- ASK NATURE. Bees and Wasps Build Space- Efficient and Strong Nests Using Hexagonal Cells. Disponível em <https://asknature.org/strategy/honeycomb-structure-is-space-efficient-and-strong/> Acessado em 21/07/2021
- BALTAZAR, Ana Paula. Sobre a resiliência dos sistemas urbanos: devem eles ser resilientes e são eles realmente sistemas?. In VIRUS. N. 3. Trad. Biaggioni, B., D'Andréa, A. São Carlos: Nomads.usp, 2010. Disponível em:  
[http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/PDF/invited/1\\_pt.pdf](http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/PDF/invited/1_pt.pdf). Acessado em: 25/05/2021
- BAYER, Eben. MCINTYRE, Gavin. SWERSEY, Burt L. Panel Comprising Composite Of Discrete Particles And Network Of Interconnected Mycelia Cells. US, 2021.
- BENYUS, Janine. Biomimética, Inovação Inspirada Pela Natureza. Primeira edição, 1997. Publicado no Brasil, São Paulo, editora Cultrix, 2006.
- BIOMIMICRY INSTITUTE. Biomímesis: Perspectiva de Diseño - Una guía visual. 2016. Disponível em:  
<https://static1.squarespace.com/static/524b9804e4b0bcb12e05b307/t/59544d5a03596e81cb8a6b97/1498697059888/Perspectiva+de+Disen%C2%A6%C3%A2o+Espan%C2%A6%C3%A2o+Biomimicry38+g1.1.pdf> Acessado em 06/06/2021.
- BROCCO, Giane Cauzzi. Método Biomimético Sistêmico: Proposta Integrativa do Método de Pensamento Biomimético e do Método de Pensamento Sistêmico. UNISINOS, São Leopoldo, 2017. Disponível em:  
[http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6876/Giane%20Cauzzi%20Brocco\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6876/Giane%20Cauzzi%20Brocco_.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Acessado em: 01/05/2021

CAMARGO, Suzana. Jovens criam telha ecológica a partir de fibra de coco, papel reciclado e embalagem Tetra Pak. Conexão Planeta, 2018. Disponível em: <https://conexaoplaneta.com.br/blog/jovens-criam-telha-ecologica-partir-de-fibra-de-coco-papel-reciclado-e-embalagem-tetra-pak/> Acessado em 06/06/2021

CARELI, Élcio Duduchi. A Resolução CONAMA 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia, Departamento de Resíduos Sólidos Urbanos, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008. 155 f. Disponível em: <http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/dissertacoes/file/246/8fcf88c8475a529734a0a57a5eed0361.pdf> Acessado em 30/05/2021

COELHO, José Diogo Cardoso. Produção de um novo conceito de painéis modulares para habitações baseado em sistemas compósitos reciclados. U.PORTO, 2016. Desenvolvido em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/85545/2/146202.pdf> Acessado em 24/07/2021

DRUYAN, Ann. Cosmos: Mundos Possíveis. National Geographic Channel, 2020.

DELAQUA, Victor. Aprendendo com a natureza: conheça o projeto do Votu Hotel. Archdaily, 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/887431/aprendendo-com-a-natureza-conheca-o-projeto-do-votu-hotel> Acessado em: 01/03/2021

DETANICO, F.G. Teixeira. SILVA, T.K. A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto. Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Design e Exp. Gráfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2010. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/52/33> Acessado em 03/06/2021.

DW Documental. Refugiados climáticos - La verdadera catástrofe ambiental. 2019. Disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=HufPb\\_j7UE4](https://www.youtube.com/watch?v=HufPb_j7UE4) Acessado em 29/05/2021.

FOSTER, James Taylor. Isolamento a partir de fungos. Archdaily, 2014. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-178456/isolamento-a-partir-de-fungos> Acessado em 06/06/2021.

FRANÇA, Poliana Miranda. A Cobertura Verde Como Instrumento Sustentável: Estudo De Caso Da Fazenda Urbana De Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-ATMGJK/1/monografia\\_cobertura\\_verde\\_poliana\\_fran\\_a\\_rev.30\\_10.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-ATMGJK/1/monografia_cobertura_verde_poliana_fran_a_rev.30_10.pdf) Acessado em: 10/06/2021.

FRIEND, Gil; with Nicholas Kordesch and Benjamin Privitt. The truth about green business. Upper Saddle River, New Jersey: FT Press, 2009.

GRUBER, Petra. Biomimetic in Architecture: Architecture of Life and Buildings. Alemanha, 2011.

HALES, Thomas. The Honeycomb Conjecture. Disponível em: <https://drive.google.com/viewerng/viewer?url=https://arxiv.org/pdf/math/9906042.pdf> Acesso em 23/07/2021

HARROUK, Christele. Campos de refugiados: de assentamentos temporários a cidades permanentes. Archdaily, 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/940754/campos-de-refugiados-de-assentamentos-temporarios-a-cidades-permanentes> Acessado em: 10/07/2021.

INSTITUTE OF ECONOMICS AND PEACE. Ecological Threat Register 2020 - Understanding Ecological Threats, Resilience and Peace. Disponível em [https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2020/10/ETR\\_2020\\_web-1.pdf](https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2020/10/ETR_2020_web-1.pdf) Acesso em 30/05/2021

LEONARD, Annie. A história das coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo o que consumimos. Rio de Janeiro: J. Zahar, 2011.

MEDEIROS, Mara Glacenir Lemes de. Natureza e naturezas na construção humana: construindo saberes das relações naturais e sociais. Ciência & Educação. Baurú: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, v.8, n.1, p.71-82, 2002. Acesso em 25/05/2021 <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/ZqMc8GJzRBQQFbPfl35Y9mL/abstract/?lang=pt>

MATURANA, H. El sentido humano. Chile: Dolmen Ediciones, 1994.

NAVES, João Gabriel de Paula; BERNARDES, Maria Beatriz Junqueira. A Relação Histórica Homem/Natureza e Sua Importância no Enfrentamento da Questão Ambiental. Geosul, Florianópolis, v. 29, n. 57, p 7-26, jan./jun. 2014. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2014v29n57p7/27882> Acessado em 10/06/2021.

NEVILLE, Morgan. Abstract: The Art of Design. Temporada 2, Episódio 2 - Neri Oxman: Bioarquitetura. Netflix, 2019.

OLIVEIRA, Barbara Feres Marques Bragança de; RAMOS, Ricardo Carvalho Lima. A Resiliência na Arquitetura Biomimética de Marko Brajovic: Como Um Projeto Bio-Inspirado Pode Absorver Impactos Ambientais e Sociais. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2019.

QUEIROZ, Natalia; RATTES, Rafael; BARBOSA, Rodrigo. Biônica e Biomimética no Contexto da Complexidade e Sustentabilidade em Projeto, 2014.

SANTOS, Claudemilson dos. O Desenho Como Processo de Aplicação da Biomimética na Arquitetura e no Design, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/MARIA.ARAUJO/Downloads/2257-6662-1-PB.pdf> Acessado em 10/06/2021

THOMAS, Keith. O Homem e o Mundo Natural: Mudanças de Atitude em Relação às Plantas e aos Animais (1500-1800). Portugal, 1983. Ed. Schwarcz, São Paulo, Brasil, 2010.



# HONEYCOMB HAUSS

Os eventos extremos e as grandes catástrofes ambientais sempre existiram ao longo da história, obrigando indivíduos e grupos a se deslocarem. No entanto, as alterações cada vez mais frequentes no ambiente global, provocadas ou aceleradas pela ação humana, em níveis já considerados intoleráveis e irreversíveis, têm desafiado as diversas áreas do conhecimento a desenvolver mecanismos eficientes para mitigar os impactos ambientais negativos, restaurar o que já foi deteriorado e prevenir tanto quanto possível novas ameaças de degradação.

Segundo Registro Ecológico de Ameaças de 2020 (Ecological Threat Register 2020) do Institute for Economics and Peace - IEP (Instituto pela Economia e pela Paz), os próximos 30 anos da humanidade poderão ser assolados com um problema humanitário sem precedentes: 1,2 bilhão de pessoas se tornarão refugiadas do clima. Se as guerras e a fome tornarem imigrantes milhões de pessoas ao redor do globo nos últimos 100 anos, tais fatores, aliados à crise do clima e os efeitos provenientes desta, desencadearão um efeito migratório de milhões de indivíduos em busca de alimento e água, principalmente nos países mais pobres. O estudo mostrou que, até 2050, 141 países serão expostos a pelo menos uma ameaça ecológica e que as 19 nações com o maior número de ameaças concentram 2,1 bilhões de habitantes (cerca de 25% da população mundial).

## A solução está na Natureza

Os fracassos da natureza, em termos de "Design", foram transformados em fósseis extintos. Já os "modelos" que obtiveram sucesso e sobreviveram, estes podem ser encarados como os seus exemplos de sucesso.

Dessa forma, a infinidade de espécies já descobertas e catalogadas representam um legado de "experimentos" da natureza, um amplo conjunto de soluções eficientes para os mais diversos problemas desenvolvidos após bilhões de anos de tentativa e erro. Os frutos dessa trajetória, estimada em mais de 4,0 bilhões de anos de vida na Terra, chamam a atenção por sua diversidade, beleza e pelo funcionamento integrado da natureza, em que diversos ciclos e sistemas se entrecruzam resultando em perfeito equilíbrio, relacionando todos os seres vivos de forma que seus recursos sejam manipulados sem desperdícios. Tais sistemas e soluções podem (e devem) ser utilizados pela humanidade como fonte de inspiração no desenvolvimento das mais diversas soluções. Assim, surgiu a BIOMIMÉTICA: uma filosofia que promove soluções sustentáveis para problemas reais que afligem o homem contemporâneo e que busca resgatar os valores éticos e a conexão entre o ser humano e o ambiente natural que foram se desfazendo ao longo do tempo, utilizando a natureza como modelo, medida e mentora.

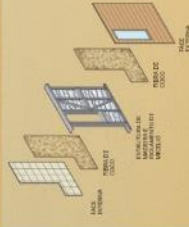
### O PROJETO

O hexágono é uma forma geométrica que pode ser encontrada em diversos elementos naturais, a exemplo da colmeia. Segundo Santos (2010), tal forma é adotada pelas abelhas tendo em vista a possibilidade de economia de material, além de proporcionar estabilidade à estrutura da colmeia ao mesmo tempo em que concede um local para armazenar a cera e o mel. Dessa forma, foi pensando nisso que para o partido arquitetônico do projeto proposto, tal forma geométrica foi adotada.

### PROGRAMA:

foi considerada uma edificação de até 30 m<sup>2</sup> com potencial de abrigar os refugiados climáticos de forma digna e acolhedora, estabelecendo como conceito a criação de um lar para aqueles que perderam todos os pertences e a segurança de um teto. A durabilidade da permanência das famílias nos abrigos também foi considerada. Segundo HARROUK (2010), a maioria dos indivíduos considerados refugiados permanece por até 16 anos em estruturas temporárias. Dessa forma, considerando que realocar famílias inteiras atingidas por desastres naturais pode ser uma tarefa árdua e vagarosa, as unidades habitacionais deverão promover todo o conforto ofertado por uma edificação definitiva, porém deverão ser desenvolvidos em materiais reutilizáveis, assim como facilmente recicláveis.

Além disso, através do método biomimético, a adoção de técnicas sustentáveis foi a base para a criação do projeto.





## 9 APÊNDICE B - ROTEIRO PARA ENTREVISTA À GIANE BROCCO

Tema: BIOMIMÉTICA APLICADA À ARQUITETURA

Entrevistada: Giane Brocco, fundadora e CEO da Amazu Biomimicry. Certificada Especialista em Biomimética pelo Biomimicry 3.8 (EUA), Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e graduada em Engenharia de Produção-Mecânica. Estudou Liderança para a Transição na Schumacher College (Londres e Brasil) e Bio Liderança e Bio-Empatia no Amani Institute, além de outras especializações em diferentes áreas. É conselheira nos Sistemas FIERGS (CONLIDER) e FIESP (CEJ). Foi uma das primeiras pessoas certificadas como Especialista em Biomimética no mundo. Atua há cerca de 8 anos na área de biomimética e inovação.

Contato: [giane@amazu.bio](mailto:giane@amazu.bio)

Data: 29/04/2021

Qual foi a motivação para você se especializar em Biomimética sendo Engenheira de Produção Mecânica e Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas?

Como podemos começar a aplicar a Biomimética?

Para aplicar a Biomimética é necessário possuir um elevado conhecimento de Biologia?

A 3ª Revolução Industrial trouxe o acesso a diversas tecnologias. Você acha que este fato tem alguma relação com o surgimento da Biomimética e com o futuro dessa disciplina?

O MIT criou o grupo de pesquisas Mediated Matter, liderado pela arquiteta Neri Oxman. O objetivo desse grupo é buscar maneiras pelas quais as tecnologias de fabricação digital interagem com os ambientes naturais e o mundo biológico e

dessa forma projetar/criar ferramentas de fabricação de design e estruturas biologicamente inspiradas, a fim de melhorar a relação entre ambientes naturais e aqueles criados pelo homem. Podemos enxergar essa iniciativa como uma forma de aplicar a Biomimética?

O curso de Especialização da UFMG para o qual estou desenvolvendo a pesquisa de aplicação da Biomimética na Arquitetura é dedicado à Sustentabilidade de Cidades, Edificações e Produtos. Na sua opinião, qual seria a relevância da aplicação da Biomimética tendo em vista a necessidade de promoção da sustentabilidade na Arquitetura e Construção Civil?

A Bioarquitetura e Biofilia são algumas formas de aplicação da Biomimética na Arquitetura. Mas a Biomimética aplicada à arquitetura pode ir muito além disso. Você poderia citar alguns exemplos desse universo da Biomimética aplicada à Arquitetura e Construção Civil?

Quanto à resiliência climática das edificações, algumas regiões do globo terrestre já estão sofrendo com os impactos do aquecimento global e mudanças climáticas e a tendência é o agravamento dessas mudanças. Você acha que a Biomimética pode ser a melhor solução para que as edificações sejam desenvolvidas de forma a se adaptar melhor ao meio em que estão inseridas? Por quê?

## 10 APÊNDICE C - PROCESSO DE CRIAÇÃO

Rascunhos:

