

REVISTA

GEOMETRIA GRÁFICA

A GEOMETRIA DA CONSTRUÇÃO BIOMIMÉTICA COMO ALIADA DA ARQUITETURA VERNACULAR E ORGÂNICA PARA UM OLHAR MAIS SUSTENTÁVEL

THE GEOMETRY OF BIOMIMETIC CONSTRUCTION AS AN ALLY OF VERNACULAR AND ORGANIC ARCHITECTURE FOR A MORE SUSTAINABLE VIEW

Estela Maris de Souza

Doutoranda no CPDOC/FGV em História, Política e Bens Culturais

Docente, UNILASALLE, Niterói, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-0261-4060>

prof.estelamaris.souza@soulasalle.com.br

Raquel Rédua

Graduanda

Discente, UNILASALLE, Niterói, Brasil

<https://orcid.org/0009-0004-4829-8720>

reduaq@gmail.com

Carolina Fernandes

Graduanda

Discente, UNILASALLE, Niterói, Brasil

<https://orcid.org/0009-0006-6220-9805>

carolinafomonteiro@gmail.com

Isabela Mattos

Graduanda

Discente, UNILASALLE, Niterói, Brasil

<https://orcid.org/0009-0006-0799-3633>

isabelacmattos29@icloud.com

RESUMO

O artigo tem por objetivo o estudo da arquitetura biomimética e vernacular como solução para uma arquitetura mais sustentável. Para tanto, foram pesquisados os conceitos citados e suas aplicações em edificações sustentáveis. O foco de análise está nas formas geométricas utilizadas nas construções a partir da observação da natureza. Por fim, chegou-se a conclusão que aliar a observação da natureza, a cultura e método construtivo regional assim como o uso do desenho paramétrico é possível chegar a inúmeras soluções sustentáveis para a construção que perpassa os materiais até chegar às formas inusitadas como pode ser visto no Pavilhão Pavilhão livMatS (2020-21).

PALAVRAS-CHAVE: Biomimética; sustentabilidade; orgânica; natureza; vernacular.



ABSTRACT

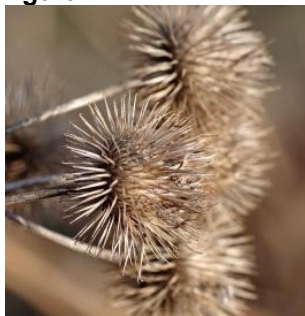
The article aims to study biomimetic and vernacular architecture as a solution for a more sustainable architecture. Therefore, the mentioned concepts and their applications in sustainable buildings were researched. The focus of analysis is on the geometric shapes used in constructions from the observation of nature. Finally, it was concluded that combining the observation of nature, culture and regional constructive method, as well as the use of parametric design, it is possible to arrive at numerous sustainable solutions for construction that permeate the materials until reaching the unusual forms as it can be seen at the livMatS Pavilion Pavilion (2020-21).

KEYWORDS: Biomimetic; sustainability; organic; nature; vernacular.

1 INTRODUÇÃO

No decorrer das décadas tornou-se notória a evolução do ser humano na busca por soluções mais eficientes e rápidas, que começaram, no entanto, a acarretar diversos problemas e riscos ao meio ambiente. Em meio a isso, a partir da contemporaneidade, desenvolve-se uma nova perspectiva frente aos diversos acontecimentos onde os homens buscam para o planeta soluções cada vez melhores e ao mesmo tempo benéficas ao ecossistema. Assim, surge a arquitetura biomimética em 1941, através de observações do engenheiro suíço George de Mestral (1907-1990). Mestral ao passear com o seu cão pelo parque, reparou que uma determinada semente ficava presa na sua roupa e no pelo do seu cachorro. A partir disso, começou a estudar a semente bardana (Figura 1) e após 7 anos desenvolveu o velcro baseado em suas observações, pois trata-se de um tecido que possui minúsculos ganchos que permitem a sua fixação em superfícies específicas e é muito utilizado até os dias atuais para diversas finalidades. Ou seja, a partir da biomimética é possível observar diferentes soluções simples e eficazes para questões do cotidiano (Ghisleni, 2020).

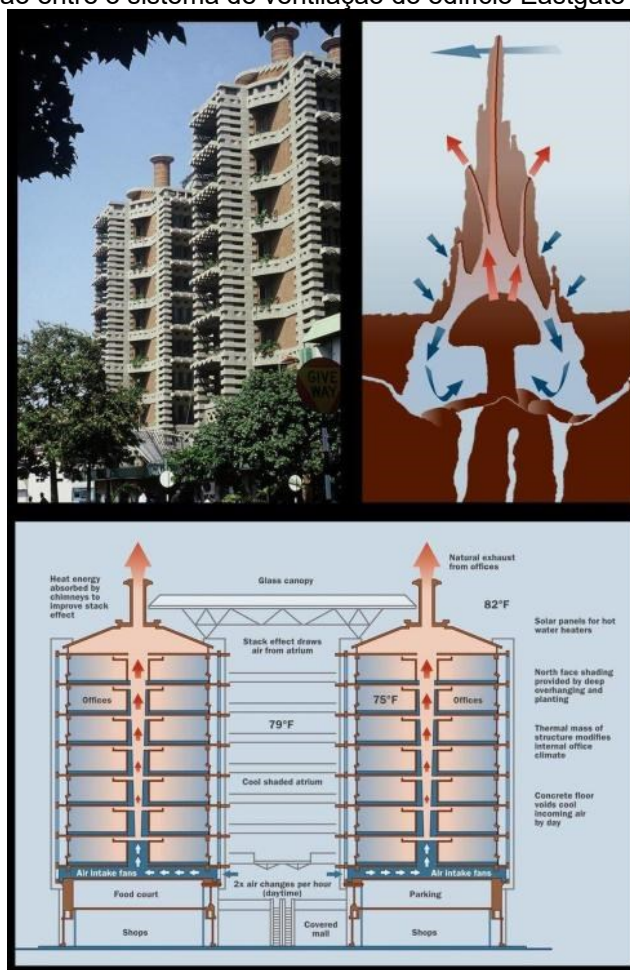
Figura 1 - Flor da Bardana



Fonte: PIXABAY, 2023a.

Dentro da arquitetura, podemos observar a construção dos cupinzeiros, onde utilizam um sistema de corrente de convecção bem definida. Esse sistema permite a estabilização da temperatura através da abertura e fechamento de uma complexa malha de túneis ventilados, onde pode-se aquecer e ventilar os mesmos. O processo puxa o ar pela parte mais baixa do cupinzeiro junto ao solo, onde é levado ao subsolo fazendo com que se refresque a partir da umidade das paredes, e depois segue ao topo do túnel como pode ser visto na Figura 02. Portanto, o trabalho de abertura e fechamento de túneis faz com que o ar interno seja regulado constantemente.

A Universidade de Loughborough (Inglaterra), inspirada na homeostase dos cupinzeiros, começou a estudar exaustivamente essas características com intuito de aplicá-la na arquitetura. A aplicação prática foi executada no shopping Eastgate Center (Figura 2) na cidade de Hare, no Zimbabwe, projetado pelo arquiteto zimbabuense Mick Pearce (1938-). O edifício comercial não conta com um sistema de conforto térmico tradicional, ou seja, ar condicionado ou aquecimento. Entretanto, consegue se manter com uma temperatura regular ao longo das várias estações do ano. O uso da aplicação prática da homeostase do cupinzeiro trouxe uma economia de 10% na utilização de eletricidade de um edifício de mesmo porte (Allison, 2015) (Loughborough University, 2004).

Figura 2 - Comparação entre o sistema de ventilação do edifício Eastgate Center e do cupinzeiro

Fonte: Tavora, 2015.

A partir dos exemplos pode se observar que essa nova forma de olhar a natureza gerou muitos benefícios, incluindo a realização de construções mais sustentáveis, muitas vezes com características presentes da arquitetura vernacular, na qual Teixeira (2017) apresenta a tradição e contextualização como elementos essenciais dessa conceituação. Dentro de sua perspectiva esse tipo de arquitetura é tradicional por natureza, pois advém de culturas de povos que se desenvolveram através dos tempos e através das gerações; assim como o respeito às condicionantes regionais destacadas pelo contexto geográfico incluindo situação climática, espécies vegetais e a morfologia do terreno.

Como exemplo, pode-se destacar as ocas dos povos residentes do Alto Xingu, habitação típica dos povos indígenas, cuja estrutura é feita de bambu e madeira e coberta de sapé ou folhas de palmeiras (Figura 3). Assim, a partir dos usos e conhecimentos locais é gerado um ótimo retorno ecológico para o planeta, uma vez

que os projetos são pensados do início ao fim para trazer o maior número de aspectos positivos como emitir menos carbono possível para o mundo (Adrião, 2020).

Figura 3 - Flor da Bardana



Fonte: Silva, 2020.

A partir do contexto apresentado, podemos questionar como o estudo baseado na natureza em conjunto com as práticas de arquitetura vernacular podem promover construções mais sustentáveis?

Ambas as correntes arquitetônicas, tanto a arquitetura biomimética, quanto a arquitetura vernacular, podem contribuir para a sustentabilidade. Dessa forma, visto que os diversos problemas climáticos estão cada vez mais alarmantes no cenário mundial, torna-se necessário mudar a forma de pensar a arquitetura a partir do uso da sustentabilidade nas construções e por meio do estudo de soluções encontradas na natureza. Assim, é relevante pensar na execução de construções com baixo custo, facilidade na compra de recursos e mão de obra local. Esse olhar sustentável pode ser inserido em diversos cenários mundiais, pois se utilizam da cultura local e consequentemente, envolvem grupos regionais que geram diversas possibilidades podem ser implantadas com maior facilidade no local desejado.

O presente trabalho tem como principal objetivo estudar o uso da arquitetura biomimética e vernacular como soluções para uma arquitetura mais sustentável. Trazer esse olhar para o viés da sustentabilidade é importante, pois permite se utilizar de elementos e cultura locais, valorizando, portanto, a cultura e o modo de fazer de

determinadas localidades. Assim, para responder a questão apresentada e atingir o objetivo geral definimos os seguintes objetivos específicos.

- apresentar o conceito de arquitetura biomimética, arquitetura vernacular e arquitetura sustentável;
- levantar exemplos de arquitetura sustentável baseado na biomimética e arquitetura vernacular em diferentes contextos culturais;
- analisar a aplicação da arquitetura biomimética no desenvolvimento de arquitetura sustentável.

A pesquisa tem propósito exploratório de abordagem qualitativa. Para que o estudo fosse possível, houve um levantamento bibliográfico sobre a arquitetura vernacular e biomimética, assim como soluções de sustentabilidade a partir de diferentes povos e construções. Os principais autores que contribuíram com o trabalho foram Soares (2017) da Universidade Federal de Pernambuco, colaborando com Ecomateriais Biomiméticos; Ferrando (2016; 2017) da Escola de Arquitetura e Engenharia de Edificações La Salle (ETSALS), que colaborou com sua pesquisa acadêmica referente a materiais e arquitetura dos animais; e Teixeira (2017), que aborda sobre a arquitetura vernacular; e Oliveira (2022) com um olhar mais atual da utilização do desenho paramétrico para melhor estudar e incorporar as formas da natureza na arquitetura. Além disso, também aconteceu uma análise documental de livros e artigos.

O artigo está dividido em três tópicos, onde o primeiro é intitulado Arquitetura Biomimética, Arquitetura Vernacular e Arquitetura Sustentável onde foram apresentados os conceitos e distinções entre essas tipologias arquitetônicas. O segundo tópico intitulado Sustentabilidade Em Diferentes Contextos Culturais foram tratadas questões socioculturais de sustentabilidade em povos distintos a partir dos textos de Ferrando (2016, 2017). Em seguida, no tópico sobre Aplicação Da Arquitetura Biomimética Na Arquitetura Sustentável foram expostos materiais e técnicas criativas de sustentabilidade por meio das formas geométricas do design biomimético.

2 ARQUITETURA BIOMIMÉTICA, ARQUITETURA VERNACULAR E ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

Em meio aos diversos aspectos das arquiteturas biomimética, vernacular e sustentável, é possível analisar que as mesmas possuem alguns pontos em comum como a preocupação com a baixa emissão de carbono, o isolamento térmico e o uso de materiais que impactam menos o meio ambiente. Entretanto, cabe destacar as características de cada segmento separadamente uma vez que para realização da arquitetura vernacular e orgânica, através de um olhar sustentável, é necessário validar algumas características separadamente (Franco, 2013; Ghisleni, 2020).

Assim, a arquitetura biomimética tem como princípio analisar o modo como os animais constroem, a fim de desenvolver projetos que sejam mais sustentáveis e tragam menores índices de emissão de carbono. Um exemplo de uso da biomimética foi a empresa alemã Ziehl-Abegg, que apresentou uma pá de ventilador inspirada nas bordas serrilhadas da asa de uma coruja, o que aumenta significativamente as propriedades aerodinâmicas e consequentemente gera a redução do consumo de energia e sua emissão de ruído (Ching, 2017).

Um outro exemplo de construção biomimética é o Johnson Building (Figura 04) do arquiteto americano Frank Lloyd Wright (1867-1959), que possui colunas que se expandem à medida que sobem semelhantes a folhas de vitória régia, trazendo como resultado um espaço de trabalho bastante aberto e iluminado (Franco, 2013).

Dentro do conceito da arquitetura biomimética é importante ressaltar que a observação da natureza não serve somente para uma replicação da forma pela forma, ou seja, copiar a forma geométrica sem entender os princípios de funcionamento daquela arquitetura. Mais do que copiar a forma da natureza e de como os animais constroem suas casas, é importante tirar analisar como eles resolvem suas questões técnicas através de suas formas. Além do cupinzeiro já citado, temos ainda as colméias de abelhas, casas de várias espécies de pássaros, formigueiro, etc.

Figura 4 - Johnson Building, Frank Lloyd Wright



Fonte: Franco, 2013.

Para tanto, o processo projetual tem utilizado o desenho paramétrico para melhor incorporar padrões geométricos presentes nas estruturas naturais. A partir dos avanços na tecnologia computacional houve grande desenvolvimento nas formas de representação e modelagem destes parâmetros e princípios para a composição de elementos arquitetônicos. A geometria de formas cada vez mais complexas, permite um leque de alternativas para soluções sustentáveis intrínsecas à natureza (Oliveira, 2022).

Assim como a arquitetura biomimética, a vernacular também se preocupa com uma construção que traga menos impactos ao meio ambiente, entretanto, tem uma preocupação em utilizar somente materiais naturais regionais. Além da utilização dos materiais locais ainda há o resgate de métodos construtivos antigos tornando essa proposta muito ligada à cultura e tradição local. Seu uso tem ganhado cada vez mais espaço, pois sua proposta está relacionada com as características locais que permitem uma construção mais sustentável.

Um exemplo marcante é a Grande Mesquita de Djenné (Figura 05), considerada a maior construção de adobe existente, que utilizou para sua construção a terra, água, areia, argila e fibras vegetais e materiais pré-existentes no local. A manutenção da construção é um acontecimento social onde a população local se reúne em um festival uma vez por ano. A forma arquitetônica remete à construção das casas de alguns pássaros, como por exemplo, o joão-de-barro (Figura 06). Essa importante construção tornou-se patrimônio mundial da Unesco na década de 80.

Figura 5 - Grande Mesquita de Djenné

Fonte: Ghisleni, 2020.

Figura 6 - Ninho do joão-de-barro

Fonte: Pixabay, 2023b.

Tanto a arquitetura biomimética e vernacular tem uma papel importante na implantação de uma arquitetura sustentável. Nesse tipo de arquitetura o objetivo é que as construções sejam definidas como NET ZERO BUILDINGS, ou seja, edificações que produzem a energia que consomem. Para isso, é necessário medidas passivas como ventilação cruzada, iluminação natural, brises e efeito chaminé e estratégias ativas, como as placas solares e bombas geotérmicas.

Um conceito de arquitetura sustentável foi criado na década de 80, na Alemanha, a chamada Passive House (casa passiva). O objetivo é que o conforto interno não seja gerado a partir de um alto consumo de energia. São cinco os conceitos da casa passiva: isolamento térmico, esquadrias eficientes, estanqueidade, ventilação com recuperação de calor, estanqueidade e correção das pontes térmicas. Esses conceitos podem ser aplicados em boa parte das regiões, seja de clima frio ou quente. Além disso, permite reabilitar edificações existentes com este conceito.

Um exemplo de construção com alto padrão energético é o prédio de oito andares da ABG Holding Frankfurt (Figura 07). O diferencial desta edificação é a sua função, pois trata-se de um edifício residencial. Sua cobertura é toda coberta, e possui painéis fotovoltaicos para absorver calor e transformar em energia. Além disso, um canal de águas residuais é utilizado como fonte de calor, que é possível através de trocadores de calor. Os apartamentos são abastecidos com água potável e água quente por meio de bombas de calor e armazenamento de buffer. Além disso, possui sistemas de armazenamento em bateria que aumentam o autoconsumo de energia elétrica autogerada para aliviar a rede elétrica, podendo ser utilizada por carros elétricos (HHS, [2015]).

Figura 7 - ABG Holding Frankfurt

Fonte: HHS, 2015.

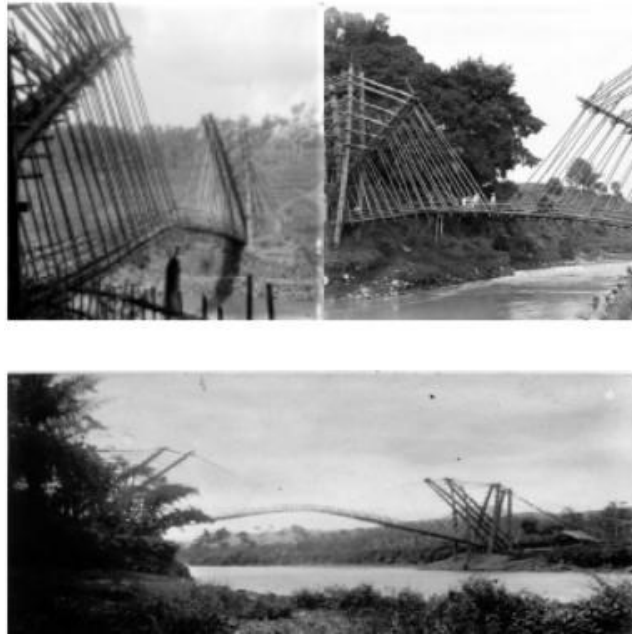
Ao longo do tópico pôde-se observar como a sustentabilidade pode ser alcançada através de uma arquitetura que resgate os princípios da natureza, os princípios locais e faça uso dos mesmos para a construção de edificações mais passivas. Para tanto, é necessário analisar e entender como a sustentabilidade pode ser incorporada a partir dos diferentes contextos culturais.

3 SUSTENTABILIDADE EM DIFERENTES CONTEXTOS CULTURAIS

A sustentabilidade e o modo de se aplicar as técnicas construtivas vernaculares dependem do contexto geográfico e cultural em que se encontram inseridos, incluindo vegetação, clima e topografia (Teixeira, 2017). Diferentes contextos culturais apresentam conceitos básicos e tradicionais que levam a uma arquitetura verde, sustentável e muitas vezes com soluções simples, como o uso do material regional ou a própria imitação da natureza.

Ferrando (2017) ilustra a questão da ponte no Rio Seruya (Figura 08) que se encontra na Java Central, Indonésia; pois na construção utilizou-se o bambu, planta de rápido crescimento e vasta disponibilidade na região. Este material possui características tais como leveza, flexibilidade e facilidade de transporte. Além de ser sustentável, a união entre as seções de bambu aumenta a resistência da peça maior. Entretanto, a ponte construída entre as décadas de 30 e 40, teve sua estrutura deteriorada por insetos e perdeu a resistência. Hoje é possível evitar esse tipo de deterioração através de tratamentos prévios contra insetos (Ferrando, 2017).

Figura 8 - Puente Java



Fonte: Ferrando, 2017.

Ao extremo sul da Venezuela, na fronteira com o Brasil localiza-se o grupo étnico Yanomami, que apresenta uma arquitetura vernacular sustentável através da casa comunitária Shabonos (Figura 09), seu ponto de reunião e alojamento. Os Shabonos apresentam uma estrutura circular, entre 20 a 50m de diâmetro, inteiramente feita de madeira, por troncos de árvores, e uma cobertura feita de folhas de palmeira (Ferrando, 2016).

Figura 9 - Shabonos, Yanomamis



Fonte: Ferrando, 2016.

O povo indígena Enawene Nawe, da Amazônia, com o ritual Yakwa, passa vários meses construindo barragens de madeira complexas (Figura 10), aproveitando este material sustentável e presente no meio em que habitam. Utilizam nove tipos de

madeira com cinco espessuras diferentes para caçar os peixes manualmente. Para conectar um lado a outro do rio, as barreiras possuem três estruturas principais: estrutura de barragem, estrutura para circular, estrutura para capturar o peixe. (Ferrando, 2017) Além da característica sustentável e vernacular vemos a aplicação de um tipo de construção executada pelos castores, como podemos observar na figura 11.

Figura 10 - Ritual Yakwa, povo Enawene Nawe



Fonte: Ferrando, 2017.

Figura 11 - Represa de Castor



Fonte: Harris, 2018.

Além da arquitetura vernacular ainda contamos com a biomimética no desenvolvimento de arquiteturas sustentáveis.

4 APLICAÇÃO DA ARQUITETURA BIOMIMÉTICA NA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

Como vimos anteriormente, a arquitetura biomimética pode ser aplicada na arquitetura sustentável uma vez que ambas têm como principal objetivo minimizar os impactos à natureza, encontrar soluções benéficas ao planeta e, em conjunto, englobar cada vez mais a área da construção civil.

A arquitetura sustentável promove maior desenvolvimento cultural e social, possui maior viabilidade na questão econômica, ótima eficiência e custo benefício. Como exemplo é possível destacar a Casa Folha (Figura 12), localizada em Angra dos Reis, Rio de Janeiro. Os arquitetos carioca e belga, Mareines, ([19--]) e Beneden ([19--]), respectivamente, sócios do escritório Mareines Arquitetura, se inspiraram na história do Brasil por meio da arquitetura indígena buscando construir residências de

maior funcionalidade e ao mesmo tempo em equilíbrio com o clima local (Helm, 2011). Nesse projeto podemos perceber a aplicação da forma geométrica de forma direta na solução da arquitetura. Apesar da forma remeter diretamente à forma da flor, suas soluções perpassam pela arquitetura vernacular do povo indígena Kaiamurá assim como soluções de conforto térmico aliados à beleza do projeto.

A ideia do formato de folha era proteger tanto as áreas externas quanto internas da incidência solar. O pé direito alto tem como objetivo garantir a passagem de ar cruzada por baixo da grande cobertura. A estrutura da cobertura é em madeira pinus enquanto o fechamento da mesma segue com lâminas de madeira do tipo eucalipto. Outros materiais utilizados são de origem natural. Fora as questões funcionais e de sustentabilidade, a arquitetura se insere na paisagem como um elemento que parece estar ali desde sempre.

Figura 12 - Casa Folha vista de cima



Fonte: Helm, 2011.

Outro exemplo a destacar, mais atual, é a Casa Trikona do Atelier Marko Brajovic. O projeto é uma cabana contemplativa em meio à natureza de espécies nativas na cidade de Paraty/RJ. O projeto é de 2021 e se baseia na postura da yoga denominada trikonasana, ou postura do triângulo. Os materiais utilizados foram comprados até 60 km de distância e os trabalhadores da construção, foram da região. Na construção utilizaram eucaliptos e toras em seu estado natural. Além disso, não há utilização de ar condicionado, pois a arquitetura foi desenvolvida para aproveitar a ventilação cruzada e fresca da mata. A iluminação natural foi privilegiada pelo projeto

e seus três níveis permitem que as pessoas no interior da residência se sintam confortáveis e próximas das árvores do entorno.

Figura 13 - Casa Trikona



Fonte: Oliveira, [20--].

Além da arquitetura sustentável e seus diversos exemplos positivos, a arquitetura biomimética acrescenta uma gestão cada vez mais eficiente, utiliza materiais sustentáveis, contribui para a diminuição dos resíduos e gera o aumento das vendas na área da construção civil, uma vez que seus materiais geram a redução de custos a longo prazo. Nesse contexto, é impulsionada cada vez mais a produção e pesquisa dos ecomateriais. As diversas pesquisas que possuem como temática central os ecomateriais são recorrentes, um exemplo disso é A Escola d'Arquitectura de Barcelona da Universidade Internacional da Catalunha. O arquiteto Ignasi Perez Arnal define os itens que permitem um bom enquadramento da problemática dos ecomateriais, sendo eles: materiais absorventes de CO², materiais sustentáveis, materiais recicláveis, materiais reciclados, a pureza compositiva, a energia incorporada, o grau de Industrialização, materiais saudáveis, exigências de manutenção e materiais com certificação ecológica (Soares, 2017).

Desse modo, fica evidente que ambas as correntes trazem diversas vantagens positivas e que por meio da junção das mesmas arquiteturas e a recorrente

busca por novos conhecimentos é possível a geração de novos materiais de design sustentável com soluções cada vez mais acessíveis, práticas e concretas e consequentemente a realização de construções cada vez mais modernas e eficientes com menos prejuízo ao meio ambiente.

Além disso, através da combinação de formas geométricas, tecnologia e inovação, essas abordagens sustentáveis desempenham um papel crucial, fornecendo subsídios fundamentais para a ação projetual e formativa. O projeto biomimético, através da representação paramétrica por descrição do algoritmo, direciona-se à concepção do design contemporâneo, não somente como auxílio a metodologia de projeto. Por meio da proximidade com o meio ambiente, é possível melhor compreensão dos conceitos de Tectônica e Estereotomia, a organização e materialidade do partido arquitetônico (Oliveira; Pires, 2021).

Soares (2016) relata as formas mais comuns de analogia com a natureza utilizados no processo da Biomimética, tendo como a mais perceptível a analogia morfológica que foi definida por Bonsiepe (1982). Essa analogia tem por objetivo o questionamento sobre a forma natural e as diversas relações presentes na sua geometria a partir da análise e entendimento de algumas características como, as texturas, a forma externa, detalhes macro ou microscópicos, componentes e pares e suas formas estruturais.

Nesse viés cabe destacar o projeto realizado pelo engenheiro japonês Eiji Nakatsu ([19--]) onde é possível identificar a positividade e relevância da aplicação da biomimética na sustentabilidade a partir da Analogia Morfológica. O engenheiro em busca da melhora do barulho e vibração presente no trem bala, teve como referência de estudo o formato do bico do pássaro Martim-Pescador (Figura 14). Foi observado que seu bico alongado gerava maior facilidade do mergulho para encontrar sua refeição. Assim, por meio da inspiração do bico, foi criado o Trem-bala Shinkansen, onde foi possível a realização de uma significativa melhora ao trem, consumindo 15% menos de energia, ganho de 10% de rapidez e a redução de 30% da pressão do ar comparado ao modelo inicial (BBC, 2017).

Figura 14 - SHINKANSEN (Japão) Trem bala de alta velocidade, projetado com base no bico de um Martim-pescador

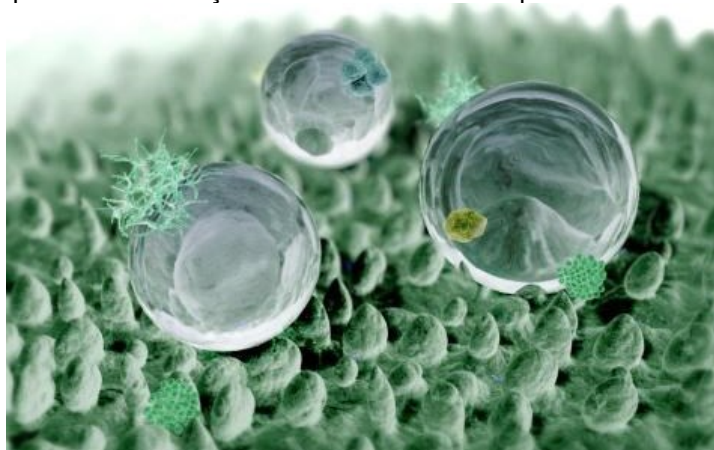


Fonte: Soares, 2016.

Outro caso a se destacar que também demonstra os pontos positivos da biomimética, é o estudo realizado pelo botânico alemão Wilhelm A. Barthlott (1946) da planta Lótus (Figura 15) de analogia funcional onde é estudado o funcionamento do sistema físico e mecânico natural. A pesquisa busca entender as funções tanto no todo, quanto em seus componentes e partes evidenciando seus atributos funcionais e determinadas qualidades.

A análise trouxe como resultado a questão da auto limpeza das superfícies e a função de repelir a água, uma vez que o ângulo formado por meio de suas micro e nanoestruturas cerosas não permitem o contato com a água, permitindo que sejam formadas gotas que absorvem as sujeiras. Ou seja, através da análise foi possível constatar que as superfícies mais ásperas são mais hidrofóbicas que superfícies mais lisas permitindo a criação de diversos materiais para uso comum como os sprays para indústrias de madeira e vidro, que simulam o mesmo efeito da planta (Soares, 2016).

Figura 15 - Planta Lótus e suas funções de auto limpeza das superfícies e de repelir a água, permitindo a criação de diversos materiais para uso comum



Fonte: Soares, 2016.

A Universidade de Stuttgart vem ao longo do tempo aliando a pesquisa da arquitetura biomimética, vernacular e sustentável, assim como do uso do desenho

paramétrico para construção de pavilhões que servem como protótipo dos seus estudos. O Pavilhão livMatS de 2020-21 (Figura 16), é um desses exemplos que aliam o uso de materiais naturais, no caso o linho; cálculos das formas geométricas geradas por computador; a biomimética veio da análise dos cactus saguaro e figo que contribuíram para a definição da estrutura assim como outros materiais naturais incorporados ao projeto experimental.

Figura 16 - Pavilhão livMatS



Fonte: Stuttgart, [2021].

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada foi possível observar que em meio às diversas transformações do mundo, a tecnologia biomimética e a tradição da arquitetura vernacular colaboram para construções sustentáveis, formando uma sociedade que impacta menos o meio ambiente. Assim, a partir das pesquisas e exemplos abordados, respondemos a questão de pesquisa inicial que indagou sobre como o estudo baseado na natureza em conjunto com as práticas de arquitetura vernacular podem promover construções mais sustentáveis. Concluiu-se que é possível através de design criativo, materiais sustentáveis e tecnologia presentes na biomimética não somente pela estética das formas geométricas, mas também da função das mesmas, e na arquitetura vernacular, através do resgate de modos construtivos antigos e por vezes esquecidos.

Consequentemente o objetivo geral foi alcançado uma vez que com maior aprofundamento sobre a arquitetura biomimética e vernacular foram mostradas

diversas soluções para a preservação do meio ambiente a partir de elementos observados e estudados na natureza e de cunho cultural. Como resultado, foram apresentados usos de materiais regionais inspirados na cultura local assim como em elementos da natureza para a criação da Casa Trikona, por exemplo.

Nossos objetivos específicos também foram alcançados ao distinguirmos arquitetura biomimética, arquitetura vernacular e arquitetura sustentável; ao levantarmos exemplos de arquitetura sustentável inspirada na natureza como presentes nos estudos de caso das tribos latino-americanas; e a aplicabilidade da biomimética no desenvolvimento da arquitetura sustentável com os estudos de caso da Casa Folha e Casa Trikona.

Dessa maneira, refletimos sobre as diferentes formas para contribuir com o meio ambiente, desde simples atitudes cotidianas e opções ecológicas, como o uso de energia sustentável, e também as soluções de engenharia e design apresentadas ao longo deste artigo. A arquitetura vernacular e cultural remete a simplicidade, já a Biomimética ao olhar pelos animais, enquanto a sustentável pelas opções de menos impactos e que além de diminuir a quantidade energia, também produzem a sua própria energia. Além disso, concluímos que uma arquitetura sustentável pode ser bela através das várias possibilidades que as formas da natureza nos proporcionam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIÃO, J. M. A. et al. **A casa xinguana**. Zeiki - Revista interdisciplinar da Unemat Barra do Bugres, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/zeiki/article/view/4453>. Acesso em: 06 out 2021.

ALLISON. Meio Info. **Biomimética**: o design e arquitetura complexa dos cupinzeiros inspiram construções sustentáveis. 2015. Disponível em: <https://meioinfo.eco.br/biomimetica-design-arquitetura-complexa-cupinzeiros/>. Acesso em: 01 out. 2021.

BBC, British Broadcasting Corporation. **Como o hobby de um engenheiro japonês solucionou um grande problema no trem-bala**, 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-42193691>. Acesso em 13 nov 2021.

CHING, F. **Edificações sustentáveis ilustrada**: como tornar realidade a promessa de uma edificação sustentável. 1ª edição. São Paulo: Bookman, 2017.

FERRANDO, J. et al. **Arquitetura vernacular em madeira obra**: Shabonos, povos Yanomami, Venezuela. Universidade Torcuato Di Tella, 2016.

_____. **Materiais**. Universidade Torcuato Di Tella, 2017.

_____. **Construções em madeira**. Universidade Torcuato Di Tella, 2017.

FRANCO, J. T. **Arquitetura biomimética**: o que podemos aprender da natureza? Archdaily, 2013. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-157662/arquitetura-biomimetica-o-que-podemos-aprender-da-natureza>. Acesso em 13 nov 2021.

GHISLENI, C. **O que é arquitetura biomimética?** Archdaily, 2020. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/952123/o-que-e-arquitetura-biomimetica?ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Acesso em: 05 out. 2021.

HARRIS, L. **Harris**: a brookie tail. Post-Crescent, Appleton, 2018. Disponível em: <https://www.postcrescent.com/story/news/local/2021/10/03/post-crescent-contact-information-staff-directory/8308687002/>. Acesso em: 01 abr. 2023.

HELM, J. **Casa Folha**: Marenes + Patalano. Archdaily, 2011. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-14796/casa-folha-marenes-mais-patalano>. Acesso em : 19 nov 2021

HHS, Hegger. **Hegger Schleiff Architekten**. Aktiv-Stadthaus Frankfurt. [2015]. Disponível em: <https://www.hhs.ag/projekte.html?projekt=aktiv-stadthaus-frankfurt&typologie=> Acesso em: 19 ago. 2023.

LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. **World first for Loughborough University-led termites research project**. Loughborough University, 2004. Disponível em: [https://www.lboro.ac.uk/service/publicity/news-releases/2004/04_100\(a\)_termites_update.html](https://www.lboro.ac.uk/service/publicity/news-releases/2004/04_100(a)_termites_update.html). Acesso em: 01 out. 2021.

OLIVEIRA, Vitória. **Cabana contemplativa**. [20--]. Disponível em: https://m.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/atelier-marko-brajovic_/casa-trikona/6835. Acesso em: 19 ago. 2023.

OLIVEIRA, B. P. de; PIRES, Janice Freitas. de F. **Biomimética, geometria complexa e modelagem paramétrica**: uma estrutura de saber para arquitetura. MIX Sustentável, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 63–73, 2022. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n5.63-73. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/5597>. Acesso em: 31 jul. 2023.

OLIVEIRA, B. P. de; PIRES, Janice Freitas. **A estruturação do saber da biomimética, geometria complexa e modelagem paramétrica na arquitetura visando apoiar práticas docentes**. Editora Científica Digital, 2021. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/a-estruturacao-do-saber-da-biomimetica->

[geometria-complexa-e-modelagem-parametrica-na-arquitetura-visando-apoiar-praticas-docentes. Acesso em 03/08/2023](#)

PIXABAY. **Flor da Bardana**. Disponível em: <https://pixabay.com/images/id-4227130/>. Acesso em: 01 abr. 2023a.

PIXABAY. **João de Barro**. Disponível em: <https://pixabay.com/images/id-2582152/>. Acesso em: 01 abr. 2023b.

SILVA, L.O.F. e. **Manual de arquitetura Kamayurá**, 2020. ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/923178/manual-de-arquitetura-kamayura> Acesso em: 1 Abr 2023. ISSN 0719-8906

SOARES, T; ARRUDA, A. **Ecomateriais biomiméticos**: um caminho eficiente para a sustentabilidade. Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/viewFile/2303/1445>. Acesso em: 06 out 2021.

SOARES, T. L. F. et al. **A relação entre a biomimética e a geodésica de buckminster fuller no planejamento de construções sustentáveis**. Universidade Federal de Alagoas, 2016. Disponível em: <https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%20%20-%20Cidades%20Inovadoras%20e%20%20Inteligentes/Paper1238.pdf> Acesso em: 06 out 2021.

SOARES, T.L.F. **A biomimética e a geodésica de Buckminster Fuller**: uma estratégia de Biodesign. Universidade Federal de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/32210/1/DISSERTAÇÃO%20Theska%20Laila%20de%20Freitas%20Soares.pdf> Acesso em 13 nov 2021.

STUTTGART, University Of (org.). **Pavilhões de pesquisa ICD/ITKE 2020-21**: pavilhão livmats 2020-21. Pavilhão livMatS 2020-21. 2021. Disponível em: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/research/icd-itke-research-pavilions/livMatS-pavilion-2020-21/>. Acesso em: 19 ago. 2023.

TAVORA, A. **Biomimética**: o design e arquitetura complexa dos cupinzeiros inspiram construções sustentáveis. Meio Info, 2015. Disponível em: <https://meioinfo.eco.br/biomimetica-design-arquitetura-complexa-cupinzeiros/>. Acesso em: 01 abr. 2023.

TEIXEIRA, R. B. **Arquitetura vernacular**: em busca de uma definição. Vitruvius, 2017. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.201/6431> Acesso em: 01 out. 2021.