

ARQUITETURA BIOMIMÉTICA - ST. MARY AXE, UMA OBRA INSPIRADA NA NATUREZA

Maila Pereira e Souza Godoi

RESUMO: A partir da problemática levantada com a questão bioclimática que o mundo enfrenta atualmente, a pesquisa aborda um tema multidisciplinar: a biomimética. Tema que vem sendo estudado cada vez com mais frequência por pesquisadores e profissionais. Analisando a obra St. Mary Axe, conhecida como "The Gherkin", o trabalho visa compreender a viabilidade da aplicação de soluções baseadas em conceitos definidos dentro da arquitetura biomimética, que buscam a maior eficiência energética, trazendo ideias inovadoras estabelecidas para resolver questões projetuais. O objetivo principal deste artigo é explorar o desenvolvimento dos conceitos do tema abordado sob a ótica da arquitetura e engenharia, com uma revisão biográfica relacionada a pesquisas sobre o tema e sobre o projeto do edifício escolhido. O método aplicado para a pesquisa foi o de estudo de caso como parte de uma lógica dedutiva, tomando como unidade significativa do todo, como observa Danton, (2000) em sua obra sobre metodologia científica. Foi adotada também a revisão de literatura, incluindo trabalhos acadêmicos, periódicos, livros sobre os temas discutidos, que irão embasar o estudo. A pesquisa irá avaliar critérios qualitativos conforme análise de caso. Sendo capaz de explicitar como a arquitetura biomimética pode contribuir para uma arquitetura sustentável com soluções eficientes aplicadas em edifícios distintos e independente da localização geográfica ou do seu uso, apontando as questões levantadas como premissa do projeto, podendo ser utilizada para futuras pesquisas sobre o assunto.

Palavras-chave: arquitetura biomimética, sustentabilidade, sistema construtivo;

INTRODUÇÃO

Os efeitos das mudanças climáticas vêm causando preocupações na comunidade científica em termos da sustentação da vida no planeta devido às elevações de temperatura global. Para minimizar este efeito todos os setores devem buscar conceitos de gestão sustentável, entre outros, comercial, industrial, etc. Estes contemplam a construção civil e seus desperdícios. Entre os principais problemas pode-se destacar: edifícios construídos com materiais não renováveis, ciclo de vida muito curto dos edifícios, a falta de avaliar e considerar o clima local, uma baixa eficiência energética e a quantidade de resíduos despejados no meio ambiente.

Ao refletir sobre tais questões, observa-se dois fatores que promoveram este impacto no século XIX e XX, em primeiro lugar o crescimento das cidades de modo exponencial, um segundo um processo de industrialização e urbanização inconsequente, esgotando materiais naturais e gerando resíduos tóxicos poluindo a terra, as águas e o ar. A consciência com impacto ambiental ainda era considerado insignificante. (Keeler; Burke, 2009, p.107)

Próximo a década de 60, no século XX, iniciou uma preocupação com o progresso de processos industriais poluidores, o que começava a resultar em um olhar mais atento às questões ambientais, aponta Kanashiro (2004, p.33). As mudanças abruptas e constantes trazidas pelas novas ciências, gerava questionamentos em relação a qualidade do ambiente construído e apontava para a necessidade de uma revisão da Carta de Atenas, anteriormente escrita em 1933 e revisada com novos valores ambientais, culturais e históricos em 1998.

Soares (2018), afirma que pode-se dizer que a tomada de consciência das questões urbanas e a necessidade de intervir sobre elas, surgiram juntamente com a consolidação do capitalismo ocidental, em uma versão de concentração urbano-industrial, iniciada na Europa. De acordo com a autora, a partir de então podemos observar que a preocupação ambiental passa a ser agregado no desenvolvimento de projetos contemporâneos.

De acordo com Butera (2014, p.10) agora é a hora de aplicarmos a questão da sustentabilidade nas grandes cidades. Uma mudança no paradigma urbano, "talvez a única chance que temos de lidar com a atual tendência mundial, que está levando a catástrofe econômica ou ecológica, ou ambas." Ele continua seu discurso, afirmando que exigirá uma mudança não só tecnológica, mas também cultural.

Tendo essa preocupação com o meio ambiente já latente na sociedade moderna, em 1997, Janine Benyus, uma bióloga norte-americana, apresenta o que a autora considera ser uma revolução científica, chamada Biomimética. Um conceito utilizado por grupos de cientistas que criam inovações com base na natureza, de forma a mudar "o modo como produzimos nossos produtos, nossos projetos e nossas construções, em especial como aproveitamos a energia, armazenamos informações e até o modo como habitamos". O conceito começou a ser estudado no início do século XX e passou a ser difundido por volta da década de 60, por Otto Schmitt.

A partir de então, temos alguns arquitetos e engenheiros alinhados com o conceito e aplicação da ideia. Em 2006, o governo de Melbourne, na Austrália, investiu em um projeto em que a base procedia dos estudos da arquitetura biomimética, com a estratégia de ser um exemplo para o mercado de desenvolvimento urbano local.

Tenho como objetivo deste trabalho, trazer uma maior compreensão sobre o conceito aplicado da arquitetura biomimética.

Demonstrando a eficácia de sistemas e soluções utilizados no projeto St. Mary Axe, do arquiteto Norman Foster, que se encontra em Londres, Inglaterra, ampliando referências que apoiem o desenvolvimento de estudos e possíveis aplicações posteriores a respeito do assunto abordado. Contribuindo para a estruturação de práticas projetuais de arquitetura ou engenharia, que atendam os preceitos pesquisados e analisados do conceito apresentado.

METODOLOGIA

A análise do estudo de caso, será feita na obra St. Mary Axe, conforme o tema, buscando o melhor resultado possível. Será baseada em projetos e estudos coletados, a partir de então será feito estudos de projeto e com dados disponíveis, afim de comprovar a eficiência das técnicas utilizadas.

Assim, a pesquisa irá avaliar critérios qualitativos conforme análise de caso. A revisão bibliográfica buscou contemplar duas abordagens, sendo uma delas subdividida: A primeira sobre a definição do conceito de biomimetismo e arquitetura biomimética, com o objetivo de facilitar o entendimento do uso das técnicas utilizadas no projeto estudado. A segunda parte, foi focada na análise do projeto escolhido; assim, subdividindo o estudo do projeto em partes para que a compreensão do desenvolvimento do projeto fosse melhor absorvida. (1) o projeto arquitetônico e seu

estudo de ventilação. (2) aplicação de conceitos biomiméticos em sua estrutura afim de obter melhores resultados em todo âmbito de eficiência energética, sustentabilidade, estética e funcionalidade. Para o levantamento, foram feitas buscas em bancos de dados digitais a partir das seguintes palavras-chave: Arquitetura Biomimética; Projeto The Gherkin; Estrutura The Gherkin; Eficiência Energética Biomimética; Imagens projeto The Gherkin. Os bancos acessados até o momento foram, o Google acadêmico, livros, a biblioteca digital Scrib, do Kindle e o site archdaily, sendo selecionados trabalhos que abordavam o tema estudado ou mencionavam o projeto analisado.

1. BIOMIMÉTICA

Benyus (1997, p.10), define a biomimética como sendo a "imitação consciente da genialidade da vida". De acordo com a autora, diferente da Revolução Industrial, a biomimética veio para mostrar o que podemos aprender com a natureza, não aquilo que podemos extrair dela, observando as formas incríveis pelas quais os organismos se adaptam ao meio e uns aos outros. A autora destaca que "a natureza, se mostra criativa por necessidade, já apresentando soluções para problemáticas que o homem procura resolver há décadas".

As autoras Sá e Viana (2020), afirmam que a biomimética é capaz de transferir e inserir conhecimentos biológicos em distintas áreas. Ambas autoras, ressaltam que quando falamos de design, vemos que profissionais estão em uma busca constante por soluções e métodos inovadores dentro da arquitetura sustentável, essas ferramentas, por vezes, podem parecer distantes da rotina da maioria dos profissionais, dentre elas, podemos citar o meio natural.

No contexto da eficiência estrutural, Janine Benyus (1997, p.14), tras uma visão diferenciada de certos componentes dentro da natureza, A autora cita, elementos estruturais nas "folhas do nenúfar e nas hastes do bambu", assim como no contexto do conforto bioclimático, os sistemas de aquecimento central e ar condicionado podem ser trocados por sistemas de ventilação natural. Um estudo demonstra esse último item, sendo encontrado no interior dos cupinzeiros, onde apesar das altas temperaturas externas, em seu interior encontramos temperatura amenas, demonstra Janine Benyus (1997, p.14).

Se faz necessário apontar que o contato direto com elementos e configurações naturais podem desencadear respostas biofílicas, ou seja, reações

cognitivas e fisiológicas favoráveis, aponta Sá (2018) em uma de suas análises. Ainda complementa que saber explorar esses recursos como estratégia de projeto, torna-se uma habilidade e um diferencial para o arquiteto ou engenheiro.

Em um estudo sobre biomimética, Arruda e Soares (2018) descrevem sobre os três tipos de Analogias que para as autoras, resumem de maneira eficiente o método de análise da Biomimética, sendo, a Analogia Morfológica, a Funcional e a Simbólica.

Ambas citam Bonsiepe (1978), que define a Analogia Morfológica como "a busca experimental de modelos elaborados da tradução das características estruturais e formais para transpor em projetos". Portanto, concluem que na analogia morfológica, procura se observar as relações entre a geometria, texturas, e formas estruturais. Essa análise facilita e "estimula a capacidade de percepção de detalhes e princípios presentes em sua estrutura".

Sá e Viana (2020) vão além e nos mostram que, "a natureza provem de um grande repositório de conhecimento e inspiração para arquitetos e designers, fazendo com que o conhecimento da biomimética mereça um estudo mais aprofundado", devido ao seu potencial e embasando projetos e pesquisas em teorias e conceitos, além de possibilitar uma melhor compreensão de técnicas e materiais utilizados, de acordo com o desenvolvimento de cada projeto, as autoras demonstram que a natureza é capaz de direcionar técnicas projetuais e as características da biomimética devem ter seus estudos mais aprofundados afim de serem aplicados por mais profissionais da área.

Mais algumas vantagens observadas no mundo natural entre as quais, a resiliência característica dos sistemas naturais e a utilização dos elementos químicos mais abundantes e não tóxicos, ao contrário dos processos criados pelo Homem que utilizam a maior parte de elementos químicos, mesmo os raros e tóxicos, são apontados nas pesquisas de Benyus (1997), que ainda realça outra importante característica dos outros seres vivos, a consideração e respeito pelo ecossistema que habitam, compreendendo deste modo a importância da manutenção desse habitat para a continuidade das suas espécies.

[...] Tendo a análise morfológica como base, temos na figura 1, um exemplo, através trem-bala Shinkansen desenvolvido pelo engenheiro Eiji Nakatsu que teve como referência, a forma do bico alongado do pássaro Martin-Pescador, que facilita o mergulho sem espirrar água em busca de sua refeição. Visando solucionar um dos grandes problemas do trem bala que é a vibração e o barulho, o engenheiro buscou inspiração no formato do bico deste pássaro, o que resultou numa melhora significativa com um trem-bala 10% mais rápido, consumindo 15% menos energia, e ainda, reduzindo a pressão do ar em 30% em relação ao modelo anterior. (ARRUDA; SOARES, 2018, PG.77)

Figura 1 – Trem bala de alta velocidade, redesenhado com base o bico de um Martin-pescador



Fonte: www.medium.com/futuro-exponencial/ - (2017)

1.1 Arquitetura na Biomimética

Avinç et. al (2022), afirma que o objetivo geral que arquitetos e designers buscam ao desenvolver projetos dentro da biomimética, é alcançar avanços técnicos e sustentáveis, que podem ser encontrados dentro de estruturas da natureza. Estudando e imitando fatores relevantes com a intenção de solucionar questões de projeto. Os autores apontam para um foco em comum e cada vez mais crescente, em "como os organismos se adaptam às mudanças no meio ambiente, com a alegação de que essas características podem trazer novas abordagens para projetar tecnologias e para melhorar o desempenho de soluções projetuais". Sendo que novas tecnologias podem melhorar a eficiência energética de sistemas distintos, assim como a biomimética é considerada uma abordagem de design inovador e eficiente que pode gerar projetos energeticamente eficientes.

French (1994) segue afirmando que quando observamos formas distintas, encontradas na natureza, sua complexidade pode estar muito além da nossa compreensão. Muitas vezes observamos um mecanismo que julgamos simples, no entanto reproduzi-lo nem sempre seja algo viável. Deve-se levar em conta testes de

Estudos em Ciências Humanas e Sociais no Brasil: Produções Multidisciplinares no Século XXI

protótipos, a busca do equilíbrio entre custo de fabricação e desempenho para avaliar a viabilidade de se reproduzir certas soluções naturais.

Existe uma grande capacidade de adaptação da natureza ao meio em que se encontra. Observando as grandes estruturas executadas, Galbraith et.al (1989), explica a grande diferença entre o construído pelo homem e o que foi gerado pela natureza. No meio ambiente, observamos o foco na eficiência, forma e função, enquanto o homem busca a estética. Na natureza, os sistemas são multifuncionais, enquanto para o homem, os sistemas são únicos e padronizados. Este estudo criou um novo conceito da arquitetura biomimética: uma metodologia construtiva a partir da análise das estruturas naturais, uma nova maneira de pensar, desenvolvendo estruturas a partir de sua funcionalidade, não apenas visando o design e estética.

[...] Podemos observar um avanço a área do biomimetismo nos últimos tempos, com profissionais focados na elaboração de possíveis metodologias de aplicação do conceito. Assim, criando a possibilidade de gerar um método capaz de unir o conhecimento obtido na análise da natureza, o aplicando de forma eficiente em soluções em questões projetuais arquitetônicas. Vemos na figura 2, um exemplo de arquitetura biomimética. Parte da cobertura que Frei Otto desenhou com Günter Behnisch para o Estádio Olímpico de Munique, foi inspirada nas asas de uma libélula, a estrutura é formada por cabos de aço e peças de PVC. Econômica e resistente, é precursora das estruturas adaptativas. Texto Eva Van Denberg (2022), internet. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.pt/natureza/grandes-reportagens/2>

FIGURA 2 : Parte cobertura Estádio Olímpico de Munique



FONTE: <https://www.nationalgeographic.pt/natureza/grandes-reportagens/2480>

Os autores Avinç et. al (2022), trazem uma questão a ser debatida, “o design biomimético, pode apresentar o potencial de causar uma mudança de paradigma

no pensamento de design ”. Os pesquisadores, acreditam que essa nova forma de projetar apresenta novos mecanismos biológicos que possuem potencial para serem estudados e explorados mais profundamente. Buscando melhores respostas para redução de energia nas edificações, possibilitando que profissionais da área, sejam capazes de buscar " soluções para melhorar o desempenho energético usando a biomimética, sua prioridade será descobrir cada vez mais, novos exemplos biológicos apropriados ao caso que estiverem trabalhando".

2. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE ST. MARY AXE - "THE GHERKIN"

O EDIFÍCIO ST. MARY AXE, também conhecido por THE GHERKIN (figura 3), localiza-se no centro financeiro de Londres, Inglaterra, foi projetado para abrigar os escritórios da Swiss Re, atualmente é propriedade do Banco Safra do Brasil. Projeto de Foster and Partners foi construído em 2004, e é considerado por diferentes pesquisadores um importante referencial dos edificios autos sustentáveis, com "180 metros de altura, 41 pavimentos e 64.469m² de área construída".

Figura 3 - Edifício St Mary Axe, vista da rua



FONTE:<https://www.archdaily.com.br/> - Acessado em junho/2022

O edificio foi desenvolvido, primeiramente, sob uma análise detalhada de sua localização, permitindo o uso de condições naturais de ventilação e iluminação em seu projeto. Pode ser considerado uma referência na arquitetura biomimética, a partir de tais parâmetros aplicados em conjunto com a bioclimática, foi estabelecido a

estrutura e de dados de conforto que possibilitaram a otimização de luz e ventilação natural, associada a sistemas inteligentes de modo integrados no projeto da fachada, alcançando uma alta eficiência energética para a construção. O conceito do edifício parte da ampla base de projeto sustentáveis, projetado a partir de estudos sobre a arquitetura biomimética. Segundo a equipe de Norman Foster's em entrevista.

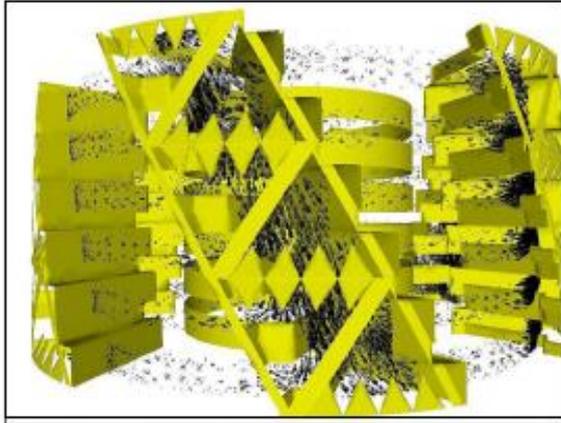
[...] O St Mary Axe, localizado em Londres no Reino Unido, uma referência de arquitetura sustentável. Se trata de uma edificação, ambientalmente progressiva. Apesar da sua estética contemporânea, sua construção apresenta toda a sensibilidade ao meio ambiente em que se encontra. Foram estudadas e aplicadas soluções sustentáveis integradas no desenvolvimento do seu projeto. Essas soluções representam uma redução de até 50% de energia do edifício, comparado a outro prédio de escritórios que faça uso de ar condicionado. Isso porque, foi aplicado um sistema em que o ar fresco é aspirado através de grandes átrios, que funcionam como "poços de luz" em espiral, fornecendo uma ventilação natural e minimizando a dependência do condicionamento de ar artificial. Os átrios e o formato da construção permite a máxima entrada de luz natural, reduzindo consideravelmente o uso da iluminação artificial." (Norman Foster & Partners, em "Torre 30 St Mary Axe / Foster + Partners" - 30 St Mary Axe Tower / Foster + Partners] 29 Dez 2019. ArchDaily Brasil.)

As plantas dos andares tipos, possuem um côr central, onde se situam os serviços e acessos, junto a fachada ficam os escritórios e seis átrios com áreas livres, cada andar apresentando um diâmetro diferente. Como o projeto da estrutura é composto a partir das linhas helicoidais gera uma distorção em cada pavimento portanto cada andar sofre um giro de 5 graus. (Valderrama.; Pinto, 2016).

Munro (2004), em seu artigo, analisa o projeto de Norman Foster pelo olhar de um engenheiro. Com estudos feitos a mão o autor descreve todo o desenvolvimento estrutural do edifício e nos fornece dados técnicos de projeto, com plantas, cortes e análises, para uma maior compreensão de sua concepção e construção, estudos com ênfase ao movimento das massas com o objetivo de otimizar ao resfriamento e aquecimento de espaços internos (figura 4), para contrabalançar as condições externas desfavoráveis, controlando a temperatura, a umidade, a disponibilidade de luz e a qualidade do ar, de acordo com o clima e as estações do ano foram aplicados no projeto. Munro, ainda trás uma visão urbanística, explicitando em como a escolha de seu design único afetou a dinâmica urbana do centro londrino, com

foco principal a praça localizada no térreo do edifício, que foi valorizada durante todo desenvolvimento projetual.

Figura 4 - Perspectiva da simulação da velocidade das massas de ar do átrio



FONTE: www.ivoiregion.net

De acordo com Munro (2004) que estuda sobre a concepção da estrutura e materiais aplicados no edifício St. Mary Axe, seu interior com vãos livres e espaçocos, foram criados a partir de uma estrutura externa hexagonal com elementos triangulares que remete às linhas geodésicas de Buckminster Fuller.

A estrutura do edifício foi revestida por "aproximadamente 5.500 painéis de vidro triangulares e losangulares planos" (figura 5), de acordo com Munro (2004). Foi projetada uma base de dados com diversas condições de projeto para direcionar estudos de otimização, permitindo a geração de modelos 3D para análises de geometria e racionalização de componentes e detalhes estruturais. Munro (2004) ainda destaca a análise da relação entre a geometria facetada dos painéis da fachada com a configuração da estrutura metálica externa, que possibilitou um desenvolvimento rápido da questão projetual a qual buscavam solucionar.

Figura 5 - Instalação dos painéis de vidro na fachada

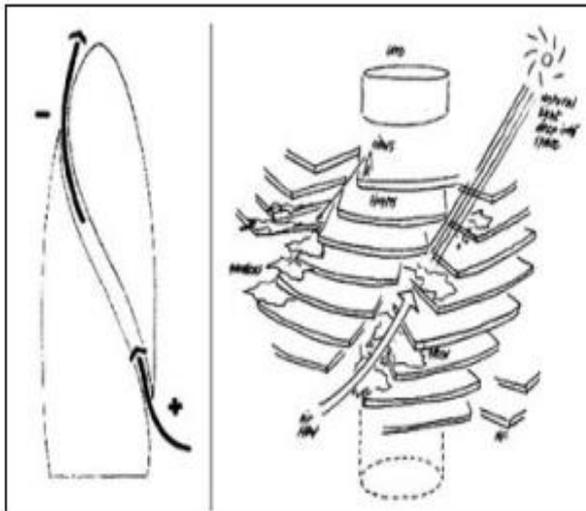


FONTE: Munro, 2004

2.2 ST. MARY AXE - VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO

O formato dos átrios internos do edifício, em linhas helicoidais, gera diferença de pressão, contribuído com o efeito chaminé que otimiza a ventilação dos ambientes e a renovação do ar interno (figura 6). Neste sentido reduzindo consideravelmente o consumo de energia utilizada. (Valderrama.; Pinto, 2016).

Figura 6 - Croqui ilustrando a diferença de pressão e velocidade das massas de ar do átrio



FONTE: <https://www.archdaily.com.br/> - Acessado em junho/2022

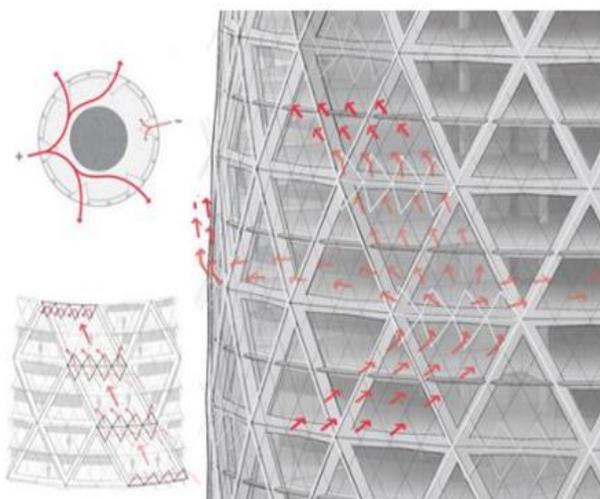
Austin et. al (2020) descrevem a fachada, " é revestida uniformemente por painéis de vidro e apresenta uma cúpula no topo (figura 7), que pode ser utilizada como uma plataforma de observação." Segue observando que o sistema de espaços livres contínuos entre os vãos, permite a "ventilação natural, dessa forma o ar quente sobe para fora do edifício durante o verão e o ar refrigerado entra, como um efeito chaminé" (figura 8). Assim, destacam que na estação do ano mais fria, o calor passivo da radiação solar, absorvido parcialmente pelas persianas existentes (figura 9), pode ser utilizado para manter a temperatura interna, amena. essas vãos, também permitem a entrada de luz solar, evitando o maior uso de iluminação artificial.

Figura 7.: Vista interna cúpula St. Mary



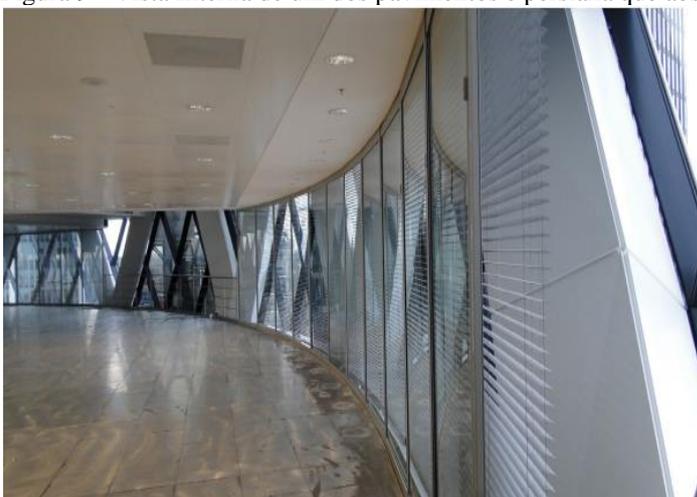
FONTE: <https://www.archdaily.com.br/> - Acessado em junho/2022

Figura 8 - Esquema de Ventilação - vãos fachada



FONTE: <https://www.archdaily.com.br/> - Acessado em junho/2022

Figura 9 - Vista Interna de um dos pavimentos e persiana que absorve calor



FONTE: <https://www.archdaily.com.br/> - Acessado em junho/2022

Estudos em Ciências Humanas e Sociais no Brasil: Produções Multidisciplinares no Século XXI

[...]Um sistema de aquecimento elétrico por cabos junto às tubulações abastece toda a edificação com água quente, protege contra congelamento e permite degelo nas estações mais frias, com maior eficiência e menos manutenção que sistemas tradicionais. Os átrios triangulares permitem a penetração de luz natural a maiores distâncias nos pavimentos, reduzindo a necessidade de iluminação artificial (figura 10). O edifício também conta com sensores de luz e movimento para automatizar as luminárias, aumentando a eficiência energética da construção. (MUNRO, 2004)

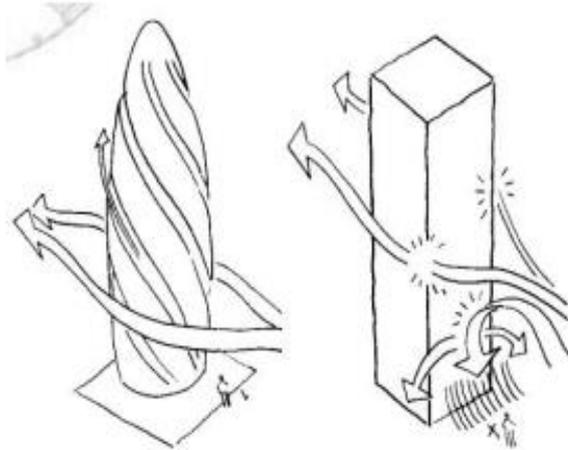
Figura 10 - Vista Interna do átrio com boa iluminação



FONTE: Munro, 2004

Freiberger (2007), desenvolve um artigo a respeito de obras específicas do escritório da Foster & Partners. No artigo, os arquitetos Brady Peter e Xavier de Kestelier apontam um olhar matemático sobre as obras, explorando as conexões entre a ciência exata dos números, com a arte e o design. A autora nos explica que o edifício ganhou o apelido de "The Gherkin" por sua geometria além de ousada, também por possuir uma aerodinâmica única e suficiente que permitisse o fluxo dos ventos em torno de si (figura 11), assim minimizando a carga horizontal na estrutura e nos fechamentos da construção. Diferente do que ocorre em obras retangulares, com sua forma icônica, o The Gherkin, permite que o vento não seja defletido para o chão, permitindo um conforto não só nos ambientes internos do edifício, mas também para os pedestres no nível da praça (figura 12).

Figura 11 - Estudos da rota dos ventos em relação a forma do edifício



FONTE: www.victorbuyck.be

Figura 12 - Maquete eletrônica - vista praça térreo St. Mary Axe



FONTE: <https://www.archdaily.com.br/> - Acessado em junho/2022

2.3 ST. MARY AXE - APLICANDO A BIOMIMÉTICA

Austin et. al (2020) nos trás uma pequena contribuição com uma análise do 30 St. Mary Axe, abordando questões da biomimética, que foram aplicadas no projeto como uma alternativa para enfrentar os desafios relacionados ao clima. Os autores, detalham sistemas construtivos e mencionam a relação da estrutura utilizada com formas que podemos observar da natureza, o que permitiu ao arquiteto, chegar a soluções sustentáveis projetuais. Afirmam que a concepção da estrutura do Gherkin Tower, foi inspirado na estrutura da natureza das esponjas marítimas e "na flor de vênus" (figura 13). Estas estruturas marítimas contém um, exoesqueleto hexagonal "seus cantos arredondado ajudam a dispersar o estresse físico produzido pelas fortes

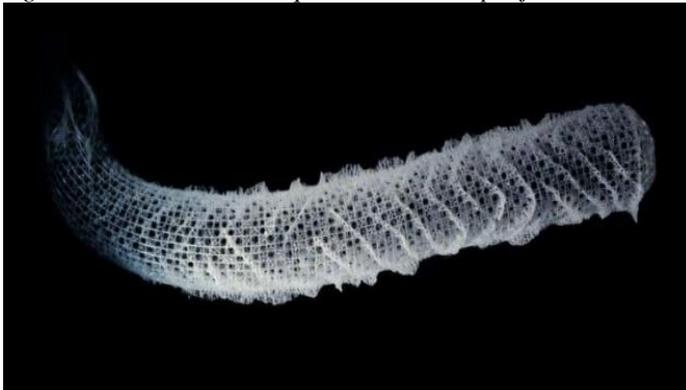
correntes dos oceanos " (figura 14). Estes elementos estruturais, aplicados na arquitetura ajudam altos edifícios a suportar as tensões dos ventos dominantes.

Figura 13 - Cesta de flores de Vênus ou esponja do mar



FONTE: www.wikipedia.com - Acessado em jun./2022

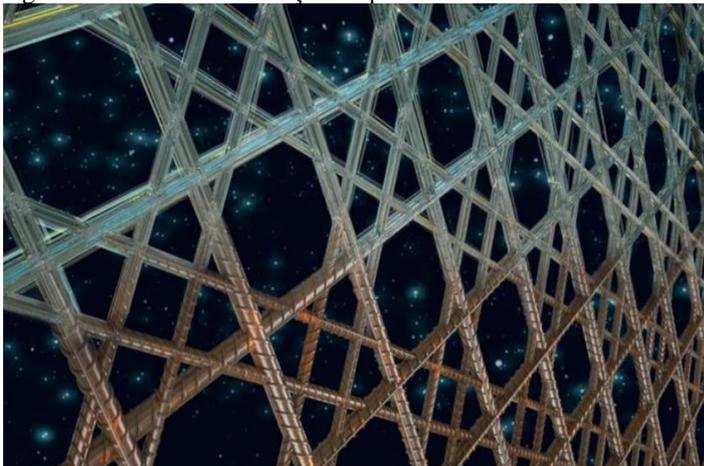
Figura 14 - Parte do exoesqueleto de uma esponja marinha



FONTE: https://engharia.compartilhada.com.br/noticia/exibir/4878244_esponja-marinha-ensina-como-fazer-arranha-ceus-e-pontes-mais-fortes - Acessado em novembro 2022

Na pesquisa de Aizenberg (2020) et. al, estudam e detalham a estruturas da cesta de flor de vênus, e observam que possui dois conjuntos de suportes diagonais paralelos, que se cruzam, se fundindo a uma grade inferior, dessa forma, apresentando um padrão (figura 15). Esse tipo de estrutura, torna o animal extremamente resistente. "Nós descobrimos que a estratégia de reforço diagonal da esponja, alcança a maior resistência à curvatura para uma determinada quantidade de material, o que significa que podemos construir estruturas mais fortes e resilientes, reorganizando de forma inteligente, o material existente dentro da estrutura", conta.

Figura 15 - Sistema de treliça computadorizado imitando a estrutura do exoesqueleto da esponja do mar



FONTE:https://engenhariacompartilhada.com.br/noticia/exibir/4878244_esponja-marinha-ensina-como-fazer-arranha-ceus-e-pontes-mais-fortes - Acessado em novembro 2022

Segundo Austin et. al (2020), o "sistema de ventilação utilizado no desenvolvimento do St. Mary Axe também pode ser observado na maneira como as esponjas filtram a água para obter nutrientes."

Aizenberg et al (2020) também conduzem simulações e experimentos utilizando a réplica digital da estrutura do exoesqueleto da esponja do mar, comparando essa arquitetura com outras formas como as geometrias em redes e treliças. A análise conclui que a eficiência estrutural da esponja foi superior a outras formas testadas suportando maiores cargas com menores deformações. Portanto, os pesquisadores chegaram a conclusão que os "sistemas esqueléticos da esponja do mar, podem ser explorados para construir estruturas que são geometricamente otimizadas para retardar o empenamento, com implicações para o uso aprimorado de materiais em aplicações de infraestrutura modernas".

O principal do pensamento, dentro da arquitetura biomimética, tem como base no estudo dos organismos biológicos, para projetar os edifícios, pois esses organismos se desenvolveram em milhares de anos, já apresentando um modo de "funcionamento baseado na utilização do mínimo necessário para sobreviver", detalha Benyus (1997). Sendo assim, como já destacado no projeto do The Gerkin, foi levado em conta as relações com a estrutura natureza antes de projetar. Estudos como estes permitem que projetistas possam buscar estruturas mais eficientes e leves.

CONSIDERAÇÃO FINAL

Atualmente temos à disposição tecnologias inteligentes que estão aplicadas às principais cidades do mundo como São Paulo e Londres. Neste ambiente de novas tecnologias integradas por sistemas digitais e internet, ampliam as possibilidades para os arquitetos e engenheiros aplicarem soluções para novas maneiras de se entender e resolver projetos de grandes edificações. Associado aos problemas vividos atualmente, a cada dia também cresce a preocupação com a fragilidade ambiental e bioclimáticas do planeta, sendo as informações coletadas para projeções futuras estando longe do esperado. Dentro dessa ampla gama de possibilidades para se fazer a arquitetura, encontramos o estudo da Biomimética como uma opção sustentável a partir da observação e análise da natureza, pois esta após 3,8 bilhões de anos de evolução foi capaz de criar estruturas e formas de maneira mais funcional e eficiente.

Se tomarmos como base a teoria da evolução de Darwin, podemos até concluir que apenas os mais evoluídos foram capazes de sobreviver, se adaptando ao meio em que se encontram, então, quanto mais nos espelhamos nas funções da natureza, maior serão as chances de sucesso adaptativo mundial.

No caso do edifício analisado, o arquiteto Norman Foster, fez uso de uma forma da natureza que já estava sendo estudada e pesquisada por biólogos e engenheiros. O St. Mary Axe foi escolhido neste trabalho, pelo seu design peculiar e pela origem da inspiração de sua arquitetura tão pouco conhecida, o estudo na esponja marítima, permitiu que o edifício pudesse, não só obter ótimos níveis de eficiência energética, fazendo uso de soluções com melhor aproveitamento de ventilação e iluminação natural, mas também soube utilizar a estrutura estudada aplicada em sua fachada, como forma de obter espaços amplos e uma estrutura eficiente.

Conclui-se que o projeto estudado acima é uma das referências de aplicação da Biomimética na arquitetura contemporânea, e que o tema além de ser multidisciplinar, é capaz de trazer maior consciência a respeito de questões e soluções ambientais. Porém ainda é muito negligenciado e pouco disseminado, necessitando de mais profundidade em pesquisas a fim de gerar conhecimento para profissionais e estudiosos da área.

A arquitetura biomimética, apresenta soluções infinitas de eficiência sustentáveis e por meio da observação de sistemas já existentes em nosso meio

ambiente e que são capazes de coexistir entre si e com a biosfera, trazem um olhar mais atento para a forma como encaramos a natureza em si, não apenas como uma fonte de extração de recursos naturais e sim como uma fonte de inesgotável conhecimento onde muitas das perguntas que o homem busca, já estão resolvidas .

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AIZENBERG, JOANA, BERTOLDI, KATIA, FERNANDES, MATHEUS C., WEAVER, JAMES. **MECHANICALLY ROBUST LATTICES INSPIRED BY DEEP-SEA GLASS SPONGES**. Revista Nature Materials, NY, n. 20, p. 237-24, 1998 <https://doi.org/10.1038/s41563-020-0798-1>

ARRUDA, Amilton; SOARES, Theska Laila F.. **Novas Estratégias da Biomimética: as analogias do Biodesign e na Bioarquitetura**. Mix Sustentável, Florianópolis, vol.4, n.1, p.73-82, mar-2018.

AVINÇ, Güne Mutlu; SERLÇUK, Semra Arslan; VARSHABI, Niloufar. **Biomimicry for Energy-Efficient Building Design: A Bibliometric Analysis**. MDPI Journal. Suiça, 2022. n.7(1), p.21; <https://doi.org/10.3390/biomimetics7010021>

AUSTIN, Miguel C., DELGADO, Nicole, GARZOLA, Dagmar, JIMENEZ, Jose U., MORA, Dafni. **Inspection of Biomimicry Approaches as an Alternative to Address Climate-Related Energy Building Challenges: A Framework for Application in Panama**. MDPI *Biomimetic*. vol.5(3), pag.40; 2020; <https://doi.org/10.3390/biomimetics5030040>

BENYUS, Janine M. **Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza**. São Paulo: Ed. Pensamento Cultrix, 1997

DANTON, Gian. **METODOLOGIA CIENTÍFICA**. Minas Gerais. Ed. Virtual Books Online M&M Editores, 2002

FRENCH, M. (1994). **Invention and Evolution: Design in Nature and Engineering** (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 1994.

FREIBERGER, Marianne. **Perfect Building: The Math of Modern Architecture**. Submitted by Plusadmin, London, mar/2007. Disponível em: <HTTPS://PLUS.MATHS.ORG/CONTENT/PERFECT-BUILDINGS-MATHS-MODERN-ARCHITECTURE>

GALBRAITH, D. I., DENGLER, N., CAMPBELL, N., Caulderwood, C. E. **Understanding Biology**. Toronto: J. Wiley & Sons Ed., Canada, 1989

GONÇALVES, Joana Carla S. DUARTE, Denise Helena S. **Arquitetura Sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, vol.6, n.4.pág.51-81, out./dez.2006.

KANASHIRO, Milena. **Da antiga à nova Carta de Atenas em busca de um paradigma espacial de sustentabilidade**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba - PR, n. 9, p. 33-37, jan./jun. 2004. Editora UFPR

Estudos em Ciências Humanas e Sociais no Brasil: Produções Multidisciplinares no Século XXI

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2009.

MUNRO, DOMINIC. **SWISS RE'S BUILDING, LONDON**. REVISTA STÅLBYGGNADS PROJEKT, SUIÇA, VOL.3 PAG.36-43. OUT/ 2004.

SÁ, Alice A. M.; VIANA, Dianne M. **Design e Biomimética**: Uma revisão sobre o estado da arte no cenário brasileiro. *Mix Sustentável*, Florianópolis, vol.7, n.1, pag.137-150. Dez.2020
<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v7.n1.137-150>

SÁ, Alice A. M.. **DESIGN, INOVAÇÃO E ESTRATÉGIAS NATURAIS**: Aplicações de Princípios Biomiméticos e Biofílicos em Projetos Criativos. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Desenho Industrial)—Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SOARES, Theska Laila F.. **A Biomimética e a Geodésica de Buckminster Fuller**: Uma Estratégia de Biodesign. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Pernambuco. Recife, 2016

VALDERRAMA, A. E.; PINTO, F. O. **Torre 30 St Mary Axe (Gherkin)**. YouTube·Sistemas de Construcción·fev/2016. Disponível em https://www.google.com/search?q=st+mary+axe&sxsrf=ALiCzsaGvB_0E4U2gETvPwNtkOCN Z5LIZA:1671315972880&source=lnms&tbm=vid&sa=X&ved=2ahUKEwiOvfW2YH8AhVrK7kGHR0LBNIQ_AUoBHoECAEQBg&biw=1037&bih=381&dpr=2.5#fpstate=ive&vld=cid:f36d15e2,vid:OBC5Gih4CL4 Acessado em dez.2022.

INTERNET:

<https://nationalgeographic.pt/natureza/grandes-reportagens/2480-a-natureza-como-fonte-de-inspiracao> - Acessado em maio/2022

<https://www.dw.com/pt-br/arquitetura-sustent%C3%A1vel-inspirada-na-natureza/g-56758163> - Acessado em junho/2022

"Torre 30 St Mary Axe / Foster + Partners" [30 St Mary Axe Tower / Foster + Partners] 29 Dez 2019. ArchDaily Brasil. Acessado junho/2022.

<<https://www.archdaily.com.br/br/930272/torre-30-st-mary-axe-foster-plus-partners>> ISSN 0719-8906 - Acessado em junho/2022

<https://www.nationalgeographic.pt/natureza/grandes-reportagens/2480-a-natureza-como-fonte-de-inspiracao/amp> - Acessado em julho/2022

<https://medium.com/futuro-exponencial/como-a-biomim%C3%A9tica-pode-resolver-os-problemas-globais-db808591a8b3> - Acessado em dezembro/2022

<https://transsolar.com/approach/climate> - Acessado em dezembro/2022