

O DESIGN PARA ADAPTABILIDADE (DFAD) E A BIOMIMÉTICA: O ESTUDO DE CASO PAVILHÃO DE PESQUISA DO ICD-ITKE 2013-14

DESIGN FOR ADAPTABILITY (DFAD) AND BIOMIMICRY: THE ICD-ITKE 2013-14 RESEARCH PAVILION CASE STUDY

DISEÑO PARA LA ADAPTABILIDAD (DFAD) Y BIOMIMETISMO: ESTUDIO DE CASO DEL PABELLÓN DE INVESTIGACIÓN ICD-ITKE 2013-14

PLÁCIDO FERNANDES CALUETE NETO | PPGDesign - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

JOSÉ EVANDRO HENRIQUES, Me. | Adaptable Futures - Loughborough University, Inglaterra

AMILTON JOSÉ VIEIRA DE ARRUDA, Ph.D | PPGDesign - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

RESUMO

O desafio ambiental contemporâneo, marcado principalmente pelas emissões de gás carbônico na atmosfera que intensificam as mudanças climáticas, têm culminado em consequências planetárias já consideradas irreversíveis. Nesse sentido, este artigo busca enfatizar o Design para Adaptabilidade (DfAD) como prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura, através da consideração ao ciclo de vida das edificações e a acomodação às mudanças. Para isso, realizou-se uma compreensão do Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14, destacando as vantagens quanto à lógica projetual, estrutural e material para artefatos efêmeros bioinspirados. Ressaltou-se, por fim, que o olhar à Natureza, como fonte de soluções e referências, mostra-se como uma alternativa de projeto para balancear e/ou reduzir os impactos advindos com as ações humanas desmedidas.

PALAVRAS-CHAVE

Design para adaptabilidade; biomimética; arquitetura efêmera; pavilhão.

ABSTRACT

The contemporary environmental challenge, marked mainly by carbon dioxide emissions into the atmosphere that intensify climate change, has culminated in planetary consequences already considered irreversible. In this sense, this article seeks to emphasize Design for Adaptability (DfAD) as a Biomimicry design practice to be applied in Architecture, through consideration of a building's life cycle and accommodation to changes. For this, an understanding of the ICD-ITKE 2013-14 Research Pavilion was carried out, highlighting the advantages in terms of design, structural and material logic for ephemeral bioinspired artifacts. Finally, it was emphasized that the look to Nature, as a source of solutions and references, shows itself as a design alternative to balance and/or reduce the impacts arising from excessive human actions.

KEYWORDS

Design for adaptability; biomimicry; ephemeral architecture; pavilion.

RESUMEN

El desafío medioambiental contemporáneo, marcado principalmente por las emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera que intensifican el cambio climático, ha culminado en consecuencias planetarias ya consideradas irreversibles.



En este sentido, este artículo pretende enfatizar el Diseño para la Adaptabilidad (DfAD) como una práctica de diseño Biomimético a aplicar en Arquitectura, a través de la consideración del ciclo de vida de los edificios y la acomodación a los cambios. Para ello, se llevó a cabo una comprensión del Pabellón de Investigación ICD-ITKE 2013-14, destacando las ventajas en términos de diseño, lógica estructural y material para artefactos efímeros bioinspirados. Por último, se hizo hincapié en que mirar a la Naturaleza como fuente de soluciones y referencias es una alternativa de diseño para equilibrar y/o reducir los impactos derivados de las excesivas acciones humanas.

PALABRAS CLAVE

Diseño para la adaptabilidad; biomimetismo; arquitectura efímera; pabellón.

1. INTRODUÇÃO

A emissão desmedida de gás carbônico na atmosfera, principalmente pós industrialização, foi a principal responsável pelo aumento de aproximadamente um grau Celsius (1°C) na temperatura global, número que tende a crescer nas próximas décadas (IPCC, 2018). Diante dessa problemática, as ações humanas são vistas como fundamentais no combate às consequências advindas com as mudanças climáticas e que definem o desafio ambiental contemporâneo na Era do Antropoceno (KOLBERT, 2021). De acordo com o Report do *Intergovernmental Panel on Climate Change*:

as ações humanas ainda têm o potencial de determinar o curso futuro do clima. A evidência é clara de que o dióxido de carbono (CO²) é o principal impulsionador das mudanças climáticas, mesmo que outros gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos também afetem o clima. [...] Reduções fortes e sustentadas nas emissões de dióxido de carbono (CO²) e outros gases de efeito estufa limitariam as mudanças climáticas (IPCC, 2021, p.1-3, grifo nosso, tradução nossa).

O combate aos impactos das mudanças climáticas é considerado um dos pontos chave do Sustainable Development Goals da ONU (ponto 13 – Climate Action). Nessa perspectiva, enfatiza-se aqui o olhar à Natureza como referência projetual, estratégia que não é recente (DIAS, 2014), mas que tem se tornado cada vez mais evidente em campos de estudo como o Design, a Arquitetura e a Engenharia, por meio do papel transformador da alfabetização ecológica (WAHL, 2020; PAPANEK, 1995) e da responsabilidade coletiva frente aos problemas ambientais, através do entendimento do presente e olhar ao futuro (KAZAZIAN, 2005).

Através da Revolução Biomimética evidencia-se a Natureza como modelo, medida e mentora (BENYUS, 1998), objetivando um aumento na relação do homem com o ambiente natural e ampliando os sentimentos de participação e pertencimento (SOARES, ARRUDA, 2018). O termo tem origem na palavra grega *biomimesis*, sendo *bio* referente à vida e *mimises* à imitação, tendo como base a interdisciplinaridade (ARRUDA et al., 2019).

A “implementação de um bom design baseado na Natureza” (VICENT, 2012, p.28), deve, segundo Pawlyn (2016), ser equilibrada: sem romantismo desenfreado ou ceticismo que desconsidere os avanços humanos. Mas,

percebendo os valores naturais em sua relevância nos contextos atuais, fonte de soluções e referências, principalmente nas etapas iniciais de projeto (MACKENZIE, 1991). Nota-se, nesse sentido, um aumento da relação das áreas projetuais com a Biologia, através da criação de artefatos bioinspirados (MEYERS, 2012). Mazzoleni (2013) aborda a noção de interconectividade, ou seja, do entendimento de que elementos exercem influências entre si e estão vinculados.

Portanto, este artigo reúne discussões acerca da bioinspiração tendo como objetivo geral enfatizar o Design para Adaptabilidade (DfAD) como prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura (HENRIQUES, 2022). Tem-se como objetivos específicos:

- I) Desenvolver um debate teórico entre o DfAD, a Efemeridade e a Biomimética;
- II) Compreender um pavilhão como exemplo de artefato efêmero bioinspirado (estudo de caso);
- III) Destacar vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética a ser aplicada em artefatos efêmeros - adquiridas com o estudo de caso.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa, de caráter exploratório e qualitativo, dividiu-se em três etapas seguindo os objetivos específicos mencionados anteriormente. Primeiramente, foi realizada uma revisão da literatura de modo a construir o embasamento teórico entre três temas principais: (1) o Design para Adaptabilidade (DfAD); (2) a noção de efemeridade na Arquitetura (com foco nos Pavilhões Expositivos); e (3) a Biomimética.

Em seguida, escolheu-se para compreensão e estudo mais aprofundado o Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14, concluído em 2014. Justifica-se sua escolha pela utilização dos princípios da Biomimética desde sua concepção até a construção, alinhado à sofisticação tecnológica. Assim, esse estudo de caso teve como base a investigação de estruturas leves biológicas no desenvolvimento de uma técnica para criação de um sistema modular. No geral, estudos de caso permitem a exploração de um fenômeno em seu contexto e diante de variáveis (GIL, 2008).

Por fim, fez-se um destaque das soluções bioinspiradas presentes no estudo de caso, destacando as vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética na Arquitetura quanto às lógicas projetual, estrutural e material.

3. RESULTADOS

3.1. Aspectos entre o Design para Adaptabilidade e a Efemeridade na Arquitetura

O Design para Adaptabilidade (DfAD) é definido como “o processo de extensão de vida do ambiente construído” (SCHMIDT III, AUSTIN, 2016). No contexto do ciclo de vida, o DfAD constitui-se como uma alternativa projetual para modificar, renovar, reconfigurar, expandir ou reutilizar edificações (ROCKOW et al., 2018), considerando principalmente os impactos econômicos, sociais e ambientais (SANCHEZ, HAAS, 2018). Sua aplicação pode gerar menores gastos e maior impacto principalmente nas etapas iniciais de projeto (SCUDERI, 2019).

Primeiramente, é preciso destacar dois fatores chave para o conceito de Adaptabilidade enquanto capacidade de acomodação efetiva às demandas em evolução (SCHMIDT III, AUSTIN, 2016): mudança e tempo. Edificações mudam pois possuem diferentes tipos de dinâmica (BRAND, 1994), sendo importantes as formas de adequação às necessidades (BURING, 2017). Nessa perspectiva, a aceitação do tempo faz-se importante, pois reflete o contexto. O tempo pode ser linear (longos e curtos prazos) ou cíclico (dia, noite/ dia de semana, fim de semana, etc) (SCHMIDT III, AUSTIN, 2016). Para Brand (1994), arquitetos devem ser “artistas do tempo”, já que o entendimento do “cronológico” na Arquitetura enquanto permanência é uma ilusão:

Entre o mundo e a nossa ideia do mundo há uma distorção fascinante. A arquitetura, imaginamos, é permanente. E assim nossos prédios nos frustram. Porque eles descontam o tempo, eles fazem mau uso do tempo. **Quase nenhum edifício se adapta bem. Eles são projetados para não se adaptar.** [...] Mas todos os edifícios (exceto monumentos) se adaptam de qualquer maneira, ainda que mal, porque os usos dentro e ao redor deles estão mudando constantemente (BRAND, 1994, p. 2, grifo nosso, tradução nossa).

De forma mais específica, o DfAD é investigado aqui enquanto prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura para aumentar a performance futura de uma edificação (HENRIQUES, 2022). Para isso, buscou-se um aprofundamento da temática na arquitetura efêmera, justificada pelo cruzamento dos fatores mudança e tempo - essenciais na costura de entendimento do DfAD.

Do grego *εφήμερος* (ephēmeros), a palavra efêmero se refere a algo passageiro, transitório ou de curta duração. Na Arquitetura, essa transitoriedade se situa entre o existir e o deixar de existir. Quanto menor o tempo de existência de uma construção no espaço, maior a sensação de efemeridade (FERNANDES, 2019). Dessa forma, o arquiteto seria o próprio “criador”, auxiliando a determinar o ciclo de vida da edificação. Historicamente, a arquitetura efêmera se revela desde as tendas temporárias para assentamento do homem, como, mais recentemente, nas ocas dos índios ou tendas de circo (KRONENBURG, 1998).

De acordo com Levy (1998), a técnica se faz importante na temática da Efemeridade: o surgimento de novas estruturas pode aumentar as possibilidades de montagem em um menor período de tempo. Em muitos casos, por exemplo, o artefato pode ser desmembrado em peças menores, facilitando o transporte sem comprometer a rigidez, e gerando mobilidade através de processos de montagem/desmontagem (PAZ, 2008). Nesse raciocínio, o entendimento da fabricação deve estar presente desde as etapas iniciais de projeto, visando um baixo impacto construtivo.

Fernandes (2019) discute ainda que, no geral, toda a Arquitetura seria efêmera, já que o tempo é uma criação humana. Assim, em sua perspectiva, os conceitos de Adaptabilidade e Efemeridade estariam diretamente relacionados. Reconhecer que os edifícios não são eternamente adaptáveis gera reflexões acerca de suas temporalidades, ou seja “a adaptabilidade requer uma abordagem diferenciada e a aceitação de que seu edifício pode não ser infinitamente adaptável” (SCHMIDT III, 2021). Portanto, o caráter efêmero não se caracterizaria como uma exceção à valia de adequação às necessidades humanas e prolongamento de vida útil, benefícios advindos com o processo de adaptação.

3.2. Artefatos efêmeros: A Biomimética nos Pavilhões Expositivos

Como anteriormente abordado, o conceito de Efemeridade está associado com o caráter temporal de uma edificação. O foco aqui é dado ao Pavilhão Expositivo, uma construção pensada para receber exposições temporárias. Segundo Comas (2010), pavilhões são “monumentos efêmeros” que acentuam ambas as dimensões simbólicas e visuais da Arquitetura. Para alguns autores, como Bohrer (2019) e Zein e Amaral (2016), tais artefatos representam um manifesto, marcados pela liberdade criativa e representação de valores que transmitem significados,

provocando, muitas vezes, o *status quo* e gerando, conseqüentemente, quebra de paradigmas.

Os Pavilhões Expositivos surgiram com a finalidade de abrigar eventos, experimentações construtivas e exposições – ou serem a própria exposição. Representam, em adição, um espaço de mutação e experimentação, tanto em questões construtivas quanto teórico/conceituais (LIMA, 2020), tornando possível reflexões acerca da ocupação de espaços públicos e da concepção formal na arquitetura (QUINTELLA, FERREIRA, FLORÊNCIO, 2016).

A crescente busca por soluções preocupadas com as mudanças climáticas pode ser facilmente visualizada no projeto de pavilhões, sobretudo nas últimas décadas, ascendendo a importância de visões sistêmicas e holísticas de projeto. Dentro desse contexto, uma das correntes de pesquisa em crescimento nas áreas do Design, da Arquitetura e da Engenharia, denomina-se Biomimética. O conceito trata do estudo das lógicas modelos e performance da Natureza, visando aplicá-los aos artefatos e atividades humanas (NOME, 2015).

De acordo com Benyus (2006), a Biomimética é uma disciplina que estuda soluções existentes na natureza com o intuito de inspirar soluções de problemas humanos seguindo os preceitos de sustentabilidade e eficiência de recursos. “Dessa forma, apresenta-se como uma área de estudo promissora, em constante desenvolvimento, já que a natureza é um universo de pesquisa com escala imensurável” (LIMA, 2020, p.1). Através da Biomimética, é possível abordar cada elemento natural a partir de uma ótica diferente, seja pela metodologia de projeto, como também por meio de analogias morfológicas e funcionais que podem nortear o pensamento projetual permitindo fazer associações de elementos naturais com possíveis resultados aspirados (SOARES, ARRUDA, 2017).

De forma interligada, têm-se buscado estudar materiais apropriados ou alternativos (e.g. biodegradáveis) como soluções para a concepção de artefatos efêmeros no processo de manufatura reduzindo os impactos ambientais e levando em consideração a possibilidade de reaproveitamento do material, seus encaixes, além da rapidez na montagem (QUINTELLA, FERREIRA, FLORÊNCIO, 2016). Esse desenvolvimento tecnológico tem direcionado, na contemporaneidade, para soluções morfológica-mente mais orgânicas e complexas, com olhar à Natureza.

Muitas dessas ferramentas e processos trazem consigo uma lógica projetual de concepção por meio de códigos computacionais inovadores desde as fases iniciais, passando pelo *workflow* de projeto, até a instalação final. Por meio de processos de prototipagem rápida e fabricação

digital, é possível simular e experimentar em laboratório, de modo a validar a resistência, a plasticidade, a morfologia e os encaixes, por exemplo, sejam em tamanhos reduzidos, como também em escala real.

A fim de trazer essa discussão para um ambiente de investigação exploratória do DfAD enquanto prática projetual Biomimética, escolheu-se como estudo de caso o Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14. No geral, o projeto do Pavilhão demonstra, desde a sua concepção à construção, como o estudo da Natureza e sua morfologia, alinhado à tecnologias contemporâneas, dentre elas a robotização e a fabricação, podem aumentar a performance futura do artefato.

3.2.1. Estudo de Caso: compreendendo o Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14

O projeto faz parte de uma série bem-sucedida de pavilhões de pesquisa que mostram o potencial de novos processos de design, simulação e fabricação em arquitetura. O objetivo era o desenvolvimento de uma técnica de enrolamento para estruturas compostas modulares de fibra de dupla camada [...] mantendo um grande grau de liberdade geométrica (ICD/ITKE, [s.d]).

O Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14 (Figura 01), é um pavilhão protótipo modular projetado nos anos de 2013 e 2014 pelo Instituto de Projeto Computacional (ICD) e o Instituto de Estruturas de Construção e Projeto Estrutural (ITKE) (ambos da Universidade de Stuttgart). O artefato - que ocupa uma área de aproximadamente cinquenta metros quadrados - foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, dentre eles arquitetos, engenheiros, biólogos e paleontólogos (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

No geral, a sua concepção foi fundamentada em “uma estratégia paralela de design de baixo para cima para a investigação biomimética de cascas compostas de fibras naturais e o desenvolvimento de novos métodos de fabricação robótica para estruturas de polímeros reforçados com fibras” (ICD/ITKE, [s.d]). Nesse sentido, a relação com a Biomimética deu-se através da investigação de estruturas leves biológicas, mais especificamente por meio da análise dos besouros *Elytra*.

Dentre os princípios Biomiméticos destacam-se: (1) a capa protetora de vento, um sistema de dupla camada; (2) composta de fibra natural; e (3) uma matriz proteica reforçada com fibra de quitina. A capa protetora para as asas e



Figura 01: Perspectiva e Vista Aérea.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].



o abdômen, chamada *Elytron*, foi o modelo escolhido para construção: sua performance é dada pela geometria e suas características funcionais; além do caráter anisotrópico, ou seja, apresentando em sua constituição propriedades físicas diferentes (Figura 02) (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

Para isso, modelos tridimensionais dos *Elytra* foram gerados pelo processo da microtomografia computadorizada de alta resolução (Figuras 03a e 03b), que possibilitou um estudo morfológico detalhado das estruturas internas com base na microscopia eletrônica. Estudo tal em níveis do macro ao micro, considerando aspectos como profundidade, dimensões e variações das fibras. Assim, a simulação com ferramentas computacionais (Figura 03c) foi cruzada com a investigação Biomimética (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

A morfologia *Elytra* é baseada em uma estrutura de camada dupla que é conectada por elementos de suporte duplamente curvos semelhantes a colunas, as trabéculas. O layout da fibra dentro de uma trabécula funde os segmentos superiores e

inferiores da casca com fibras contínuas. A distribuição e articulação geométrica das trabéculas é altamente diferenciada ao longo da casca do besouro. Por meio de estudos comparativos de várias espécies de besouros voadores, os princípios estruturais subjacentes podem ser identificados e traduzidos em regras de projeto para morfologias estruturais (ICD/ITKE, [s.d]).

Para a materialização do sistema modular, foi desenvolvido um sistema robótico com eixos colaborativos para enrolar fibras entre duas estruturas controladoras de aço, um robô “mestre” e um “escravo” (Figura 04). A geometria final surge por meio da interação e deformação das fibras estabelecidas à medida que os controladores determinam as extremidades de cada componente (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

Esse processo gera uma conexão entre estrutura, forma, material, e fabricação sendo determinada pelo processo de enrolamento, uma parte integrante da ferramenta

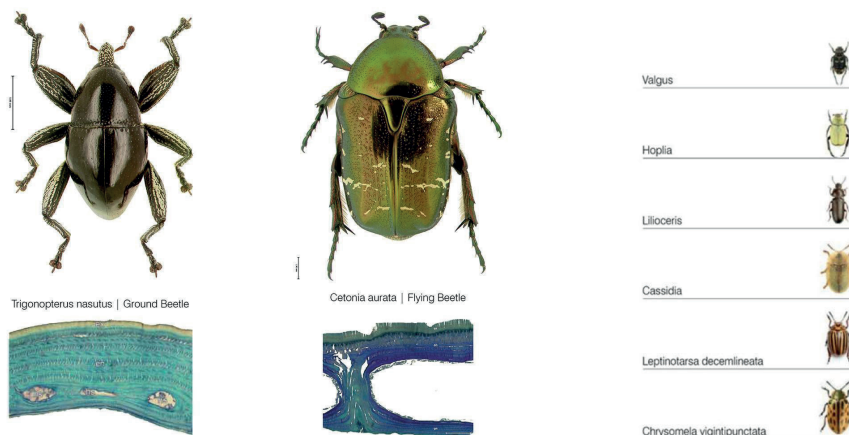


Figura 02: Investigação de estruturas leves biológicas: comparação do Elytron em besouros.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].





Figura 03: (a, b) Microtomografia computadorizada e (c) simulações computacionais.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].

computacional de concepção projetual (Figura 05). Não há assim a necessidade de moldes pré-estabelecidos, o que consequentemente evita desperdícios e economia de construção. Polímeros reforçados com fibras de vidro e de carbono foram os materiais escolhidos, no qual sua disposição foi dada de acordo com a análise estrutural e estudo dos esforços (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

O componente (módulo) aqui exposto teve como restrições e variáveis: a angulação; o diâmetro e as alturas máximas; o comprimento das arestas vizinhas; a não-planaridade e o número de vértices (Figura 06). No total, foram confeccionadas 36 peças únicas com alto grau de liberdade geométrica e de suporte de carga eficiente - o que consequentemente leva à utilização de um menor número de módulos (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

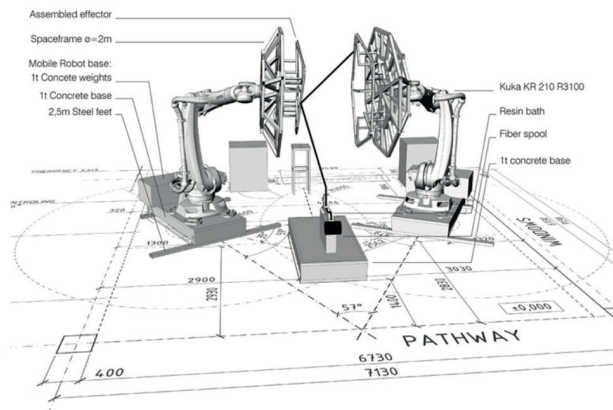


Figura 04: Robôs controladores ("mestre e escravo"): a formação dos módulos.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].

As fibras são inicialmente tensionadas linearmente entre os dois quadros efetores. As fibras subsequentemente enroladas assentam-se e tensionam-se umas às outras, o que resulta numa deformação recíproca. Essa interação fibra-fibra gera superfícies duplamente curvas a partir de conexões de fibras depositadas inicialmente retas. A ordem em que os feixes de fibras impregnados de resina [...] são enrolados nos efetores é decisiva para este processo e é descrita através da sintaxe do enrolamento. A sequência específica de enrolamento da fibra permite controlar o layout de cada fibra individual, levando a um processo de design orientado pelo material (ICD/ITKE, [s.d]).

4. DISCUSSÕES

A aplicação de estratégias do DfAD inspiradas por princípios biológicos podem gerar soluções inovadoras (HENRIQUES, 2022). No estudo de caso em análise, as possibilidades de construção foram possíveis graças ao uso de ferramentas projetuais como a simulação computacional, para otimização de formas e parâmetros; e a prototipagem, para realização de testes e validação. Dentre as diversas vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética para maximizar a performance futura de pavilhões, e como uma alternativa à problemática das mudanças climáticas, destacam-se três: quanto à lógica projetual; quanto à lógica estrutural; e quanto à lógica material (Tabela 01).

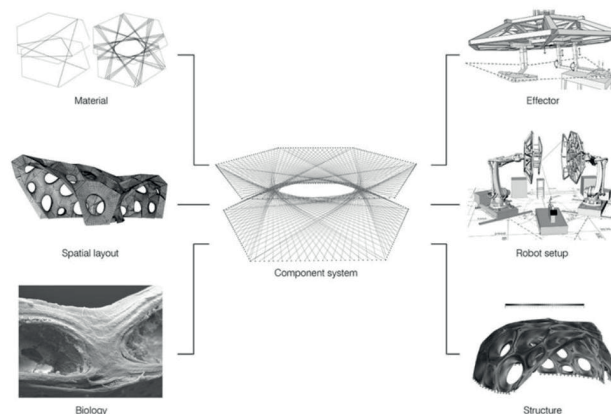


Figura 06: O componente do Pavilhão.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].

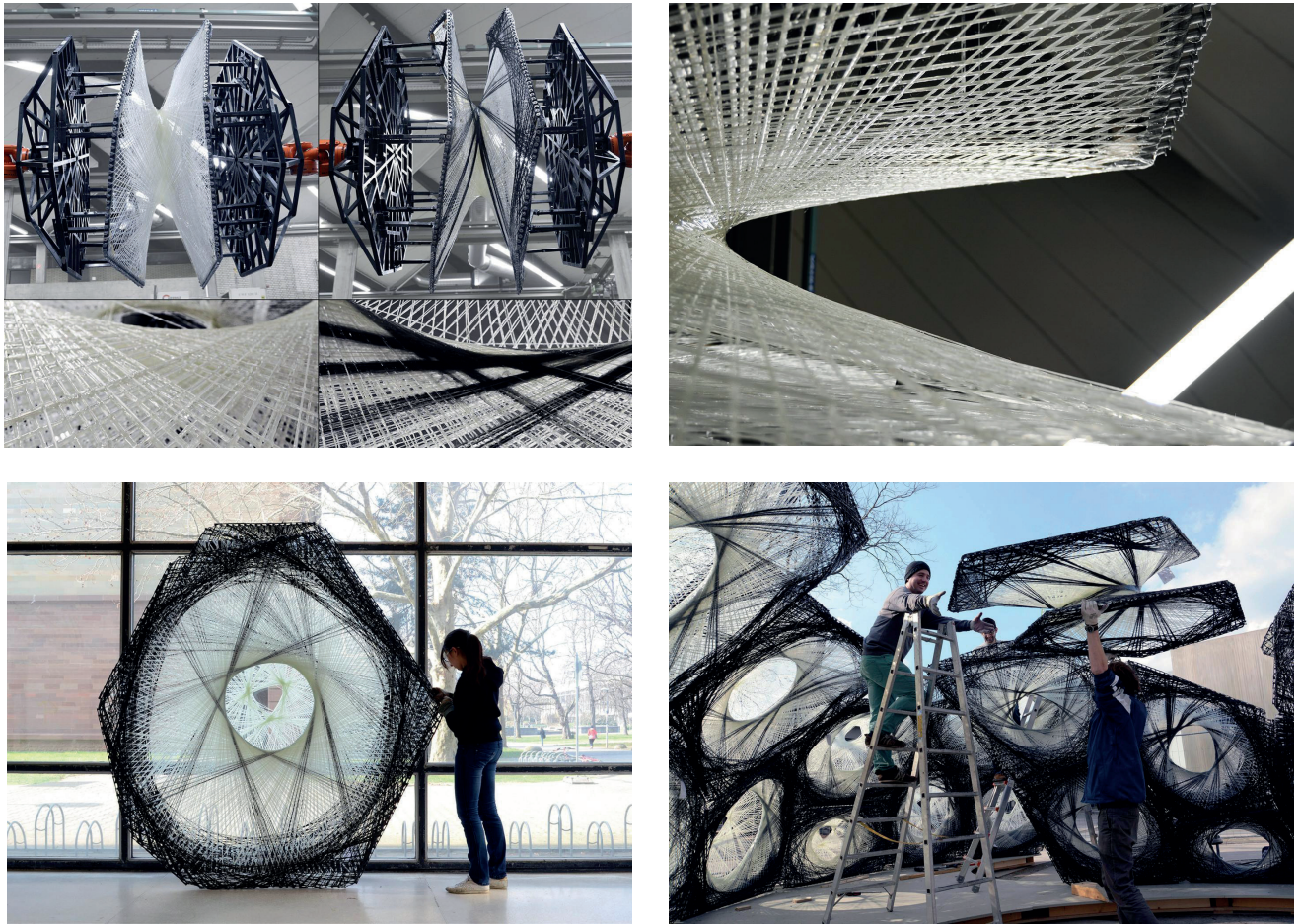


Figura 05: Do módulo à montagem.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].

<i>Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14</i>	
<p>DfAD enquanto prática projetual Biomimética Investigação dos besouros <i>Elytra</i></p>	<p>Vantagens Maximização da performance futura tendo a Natureza como modelo, medida e mentora</p>
<p><i>Modulação (lógica projetual)</i> Módulos de geometrias diferentes de caráter autoportante</p>	<p>Possibilidade de diferentes combinações, podendo proporcionar a personalização e a extensão espacial (redução de demolições para readequação)</p>
<p><i>Leveza (lógica estrutural)</i> Estruturas compostas em camadas duplas de fibra natural</p>	<p>Economia de recursos e de materiais, permitindo um menor gasto energético e financeiro</p>
<p><i>Material (lógica material)</i> Polímeros reforçados com fibras de vidro e de carbono</p>	<p>Resistência e durabilidade, podendo reduzir a quantidade de construções para gerações futuras</p>

Tabela 01: Vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética na Arquitetura.
Fonte: elaborado pelos autores.

Quanto à lógica projetual, tomou-se como base a estratégia da modularidade, ou seja, através da racionalização das partes físicas do edifício em entidades funcionais

definidas (módulos). No geral, essa ideia centra-se na forma como entidades são funcionalmente montadas e a subsequente capacidade de os separar tardiamente

(SCHMIDT III, AUSTIN, 2016). Essa estratégia possibilitou a construção de componentes autoportantes o que, pensando-se em acomodações às mudanças futuras, pode facilitar na personalização em distintas conformações e extensão do pavilhão, por exemplo.

Quanto à lógica estrutural, cita-se a criação da leve estrutura, que teve como inspiração a morfologia geométrica do inseto - o auxílio de tecnologias de robotização foram essenciais nesse sentido. Essa lógica garantiu economia de recursos e materiais, e possibilitou um aumento da eficiência performativa.

Quanto à lógica material, a utilização de polímeros reforçados com fibras de vidro e de carbono garante um aumento da resistência e durabilidade, além de permitir a criação dos módulos geométricos complexos - apesar de não ser um material de fácil disponibilidade e reposição, o que aumentaria ainda mais a capacidade adaptativa do Pavilhão.

As vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética não encerram nas citadas, que foram escolhidas aqui apenas para fins de exemplificação. É importante destacar as limitações de investigação deste estudo de caso - que teve base exclusivamente em fontes secundárias de pesquisa disponíveis na internet, - se refletem na inicial introdução de possíveis relações entre as temáticas em discussão. Uma exploração mais aprofundada, principalmente considerando os profissionais e pesquisadores que se envolveram no processo de construção do Pavilhão se fazem necessários.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pela Natureza enquanto modelo, medida e mentora (BENYUS, 1997) tem sido considerada essencial frente ao desafio ambiental contemporâneo, principalmente ligado à emissão de gás carbônico na atmosfera e, consequentemente, às mudanças climáticas (IPCC, 2021). Nessa perspectiva, a Biomimética se consolida como campo de estudo em ascensão (PAWLYN, 2016; VICENT, 2012), definindo-se através do aumento da relação do homem com o meio natural (SOARES, ARRUDA, 2018), e interligando áreas de estudo como o Design e a Arquitetura.

Neste artigo, explora-se o Design para Adaptabilidade (DfAD) como prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura (HENRIQUES, 2022). Define-se o DfAD como “o processo de extensão de vida do ambiente construído” (SCHMIDT III, AUSTIN, 2016) e traz-se aqui o foco em artefatos efêmeros segundo o fator da temporalidade - mais especificamente em Pavilhões Expositivos.

Para isso, é feito o aprofundamento em um estudo de caso, o Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14, que teve desde sua concepção à sua construção a preocupação de cruzamento do olhar à Natureza com a utilização de tecnologia. Dentre as estratégias utilizadas, citam-se a modulação (lógica projetual), por meio de módulos de geometrias diferentes de caráter autoportante; a leveza (lógica estrutural), pelas estruturas compostas em camadas duplas de fibra; e a material (lógica material), com uso de polímeros reforçados com fibras de vidro e de carbono.

Por fim, destacam-se as vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética, como a possibilidade de criação de diferentes combinações, a economia de recursos e a resistência/durabilidade. Tais vantagens demonstram que o DfAD representa uma alternativa projetual potencial para combater processos despreocupados com o meio natural, de forma a aumentar a performance futura de artefatos efêmeros.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo de pesquisa Adaptable Futures Group da Loughborough University e ao Biodesign da Universidade Federal de Pernambuco.

REFERÊNCIAS

ArchDaily Brasil. **Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14 / ICD-ITKE** University of Stuttgart. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/627209/pavilhao-de-pesquisa-do-icd-itke-2013-14-icd-itke-university-of-stuttgart>>. Acesso em 18 mar. 2023.

ARRUDA, A. et al (Org.). **Tópicos em Design: Biomimética, Sustentabilidade e Novos Materiais**. Curitiba: Insight, 2019

BENYUS, J. M. **Biomimicry: Innovation inspired by Nature**. New York: HarperCollins, 1997

BOHRER, M. L. **Le Corbusier: Pavilhões Expositivos**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019

BRAND, S. **How buildings learn: what happens after they're built**. New York: Penguin Books, 1994

BURING, N. **Housing the unknown future: Towards**

adaptability in vacant office transformation. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://resolver.tudelft.nl/uuid:69ae1e69-5d8b-4ff3-9177-d6328af049b0>>. Acesso em: 12 mar. 2023.

COMAS, C. E. D. A feira mundial de Nova York de 1939: o pavilhão brasileiro. **Arqtexto**, n. 16, p. 6-15, 2010.

DIAS, E. **A natureza no processo de Design e no desenvolvimento do projeto.** São Paulo: SENAI-SP, 2014

FERNANDES, F.A.L. **Arquitetura Efêmera: por uma reversibilidade sustentável.** Dissertação de Mestrado - Faculdade de Arquitetura de Lisboa, 2019

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6.ed. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 2008

HENRIQUES, J.E.M.R. **O Design para Adaptabilidade no Brasil: um debate entre a Biomimética e a produção acadêmica atual.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Pernambuco, 2022

ICD/ITKE University Stuttgart. **ICD/ITKE Research Pavilion 2013-14.** Disponível em: <<https://www.icd.uni-stuttgart.de/projects/icditke-research-pavilion-2013-14/>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

IPCC, **Intergovernmental Panel on Climate Change. Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate.** In Press, 2018

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Press Release: Climate change widespread, rapid, and intensifying.** 2021

KAZAZIAN, T. (Org). **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Senac São Paulo, 2005.

KOLBERT, E. **Sob um céu branco: a Natureza no futuro.** Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021

KRONENBURG, R. **Ephemeral-Portable Architecture.** Londres: John Wiley & Son Ltd., 1998.

LEVY, R.N.V.F. **Entre palácios e pavilhões: a arquitetura efêmera da exposição nacional de 1908.** Dissertação de Mestrado – Centro de Letras e Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

LIMA, E.C.S. **BIO-LÓGICA: biomimética e design paramétrico aplicados ao desenvolvimento de pavilhão efêmero na Serpentine Gallery - Londres/Reino Unido.** Trabalho de Conclusão de Curso - Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pernambuco, 2020.

MACKENZIE, D. **Green Design: design for the environment.** Laurence Kind Ltd, 1991

MAZZOLENI, I. **Architecture Follows Nature: Biomimetic Principles for Innovative Design.** CRC Press, 2013

MYERS, W. **Biodesign: nature, science, creativity.** Londres: Thames & Hudson Ltd., 2012

NOME, N.Q. **Artefatos geradores de microclima: biomimética, parametrização e prototipagem rápida na busca por soluções bioclimáticas para clima quente e úmido.** Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

PAPANEK, V. **Arquitetura e Design: Ecologia e Ética.** Londres: Thames & Hudson, 1995

PAWLYN, M. **Biomimicry in Architecture.** RIBA Publishing, 2016

PAZ, D. **Arquitetura efêmera ou transitória: esboços de uma caracterização.** **Vitruvius**, 2008. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.102/97>>. Acesso em 10 dez. 2019

QUINTELLA, I. P. C. P.; FERREIRA, Í. C.; FLORÊNCIO, E. Q. **Making pavilions: Os pavilhões temporários no contexto das faculdades de arquitetura e urbanismo.** **20th SIGraDi Proceedings**, p. 318-325, 2016

ROCKOW, Z. R.; ROSS, B.; BLACK, A. K. **Review of methods**

for evaluating adaptability of buildings. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 37, n. 3, p. 273–287, 2018

SANCHEZ, B.; HAAS, C. A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 998–1010, 2018

SCHMIDT III, R. In: **The Ultimate Flexible Building**. 2021 Disponível em: <<https://www.the-possible.com/the-ultimate-flexible-building/>>. Acesso em: 17 jun. 2023.

SCHMIDT III, R.; AUSTIN, S. **Adaptable Architecture: Theory and Practice**. Abingdon: Routledge, 2016

SCUDERI, G. **Designing Flexibility and Adaptability: The Answer to Integrated Residential Building Retrofit**. Designs, v. 3, n. 1, p. 11, 2019

SOARES, T. L. DE F.; ARRUDA, A.J.V.; Fundamentos da Biônica e da Biomimética e Exemplos Aplicados no Laboratório de Bidesign na UFPE. In: ARRUDA, A.J.V. (Org) **Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: a Revolução Tecnológica pela Natureza**. São Paulo: Blucher, p. 7-34, 2018

SOARES, T.; ARRUDA, A. Ecomateriais biomiméticos, um caminho eficiente para a sustentabilidade. **Mix Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 29-45, 2017

VICENT, J. Interview Julient Vicent. In: EGGERMONT, MCKEAG, HOELLER (ed.). **Zygote Quartely ZQ01**, 2012

WAHL, D. C. **Design de Culturas Regenerativas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bambual Editora, 2020

ZEIN, R.V.; AMARAL, I. A feira mundial de Osaka de 1970: O Pavilhão brasileiro. **Arqtexto**, n. 16, p. 108-127, 2010

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7006-2344>

PLÁCIDO FERNANDES CALUETE NETO, Arquiteto, Mestrando em Design | Universidade Federal de Pernambuco | Design, Arquitetura e Urbanismo | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: Rua Antonio Passos, 200, apto 102 - Boa Viagem, Recife, PE, 51030040 | e-mail: placidofernandes@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6738-6070>

JOSÉ EVANDRO DE MOURA ROSA HENRIQUES, M.Design | Universidade Federal de Pernambuco, Loughborough University | Design, Arquitetura e Urbanismo | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: Rua Elizeu César, 61 - Jiquiá, Recife, PE, 50771570 | e-mail: eevandromoura@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4551-4497>

AMILTON JOSÉ VIEIRA DE ARRUDA, Ph.D EM DESIGN | Programa de Pós-graduação em Design da UFPE | RECIFE - PE | Correspondência para: Rua General Aduauto Gomes Barbosa, 94 apt 302 - Várzea - Recife PE | e-mail: amilton.arruda@ufpe.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

NETO, Plácido Fernandes Caluete; HENRIQUES, José Evandro de Moura Rosa; ARRUDA, Amilton José Vieira de. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 183-193, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexus.ufsc.br/index.php/mix-sustentavel>>. Acesso em: [_/_/_doi: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.183-193>](https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.183-193).

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Feroli.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

PFCN: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, rascunho - revisão & edição.

JEH: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, rascunho - revisão & edição.

AJVA: conceituação, investigação, administração de projetos, supervisão, validação, escrita - revisão & edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.