

PRÉ-FABRICAÇÃO EM PROJETOS DE ESPAÇOS COMPACTOS VOLTADOS PARA TURISMO SUSTENTÁVEL: ASPECTOS DE BIOFILIA E *DESIGN* BIOINSPIRADO

PREFABRICATION IN COMPACT SPACE PROJECTS AIMED AT SUSTAINABLE TOURISM: ASPECTS OF BIOPHILIA AND BIO-INSPIRED DESIGN

Plácido Fernandes Caluete Neto^{1*}

Amilton José Vieira Arruda¹

* Autor para correspondência: placido.fernandes@ufpe.br

Resumo: A construção pré-fabricada vem se tornando uma grande alternativa ante as demandas do mundo contemporâneo, sobretudo quanto às questões de sustentabilidade e eficiência construtiva, em comparação aos sistemas tradicionais. Seu emprego mundo afora, especialmente em países desenvolvidos, tem se consolidado ao longo das últimas décadas como uma importante estratégia no caminho do desenvolvimento sustentável, fazendo do sistema uma excelente opção para a redução das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, sobretudo quando combinado com o uso de materiais construtivos com baixa emissão de carbono. Nesse contexto, o emprego do sistema construtivo para a criação de micro-habitacões emerge da aproximação entre as disciplinas de *design* e arquitetura, especialmente pela escala desses artefatos, e tende a recomendar a união entre biofilia e bioinspiração como pressupostos projetuais eficientes, principalmente no âmbito de projetos voltados para o turismo sustentável. Assim, o presente artigo propôs um breve levantamento desse tipo de aplicação, no sentido de orientar a concepção projetual em busca de soluções que possam utilizar a biomimética e o *design* biofílico como caminhos eficientes para a criação de tais artefatos, a fim de promover estratégias que possam contribuir para a concepção do espaço edificado de forma inovadora e sustentável.

Palavras-chave: construção pré-fabricada; micro-habitacão; turismo sustentável; *design* bioinspirado; biofilia.

Abstract: Prefabricated construction has become a great alternative to the demands of the contemporary world, especially regarding issues of sustainability and construction efficiency, when compared to traditional systems. Its use around the world, especially in developed countries, has been consolidated over the last few decades as an important strategy on the path to sustainable development, making the system an excellent option for reducing greenhouse gas emissions into the atmosphere,

¹ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife (PE), Brasil.

especially when combined with the use of construction materials with low carbon emissions. In this context, the use of the construction system to create micro housing emerges from the rapprochement between the disciplines of design and architecture, especially due to the scale of these artifacts and tends to recommend the union between Biophilia and bio-inspiration as efficient design assumptions, especially in the scope of projects aimed at sustainable tourism. Thus, this article proposed a brief survey of this type of application, in order to guide the design conception in search of solutions that can use biomimetics and biophilic design as efficient ways to create these artifacts, in order to promote strategies that can contribute to the design of the built space in an innovative and sustainable way.

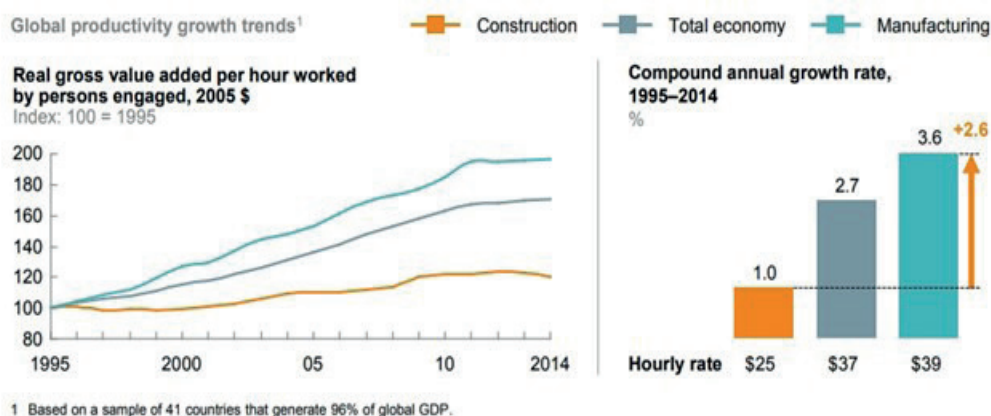
Keywords: prefabricated construction; micro housing; sustainable tourism; bio-inspired design; biophilia.

INTRODUÇÃO

A atividade da construção civil responde atualmente por cerca de 7% do PIB no Brasil e aproximadamente 13% do PIB mundial, configurando-se como um dos principais condutores da economia mundial (Barbosa; Woetzel; Mischke, 2017). O setor consiste em um importante gerador de empregos em todo o planeta para edificar as estruturas em que vivemos, gerar energia, criar materiais e bens de consumo, representando assim uma força para além dos seus próprios limites. Contudo muitos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, vêm passando ultimamente por sérios problemas decorrentes dos impactos causados pelo aquecimento global, e o setor possui uma parcela significativa nesse contexto, por manifestar-se como um dos importantes geradores de resíduos sólidos e gases de efeito estufa na atmosfera.

Em contrapartida, os paradigmas construtivos convencionais utilizados ao longo de décadas resistem em meio a uma população que carrega ainda traços de uma cultura tradicional, mesmo diante da ampla quantidade de informações provocadas pela Indústria 4.0, à disposição de todos que compõem a cadeia do setor, tornando-o um dos mais arcaicos em termos de tecnologia. Em nível mundial, o crescimento da produtividade do trabalho na construção nas últimas duas décadas foi, em média, de apenas 1% ao ano, em comparação com um crescimento de 2,8% para o total da economia mundial e de 3,6% no caso da indústria da manufatura (figura 1). Outro fator importante no que se refere à criação de edifícios por meio dos sistemas construtivos convencionais consiste na obsolescência construtiva das edificações ao longo do tempo, implicando graves problemas ambientais, muitas vezes considerados irreversíveis.

Figura 1 – Tendências de crescimento da produtividade global



Fontes: OECD; WIOD; GGCD-10; World Bank; BEA; BLS; National Statistical Agencies of Turkey, Malaysia, and Singapore; Rosstat; McKinsey Global Institute Analysis

Sob o ponto de vista sociocultural, os efeitos do movimento que é conhecido hoje como a Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 têm levado a população mundial a vivenciar, sobretudo na última década, uma verdadeira transformação de sua estrutura, uma vez que a forma de se relacionar e consumir bens e produtos tem sido fortemente impactada pelos avanços tecnológicos em seus diversos setores. Tais mudanças têm provocado ao longo das últimas décadas transformações na estrutura social dos países, pressupondo novos comportamentos e padrões de consumo para as próximas gerações, numa velocidade sem precedentes. Para Schwab (2016), estamos no início dessa revolução, que, segundo ele, alterará profundamente a maneira como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos.

Esse descompasso técnico e tecnológico do setor em relação a outras indústrias ao longo dos anos vem contribuindo para um *gap* bastante prejudicial, não somente à atividade como prática econômica em si, mas sobretudo para o meio ambiente, acarretando impactos negativos importantes para as novas gerações, alguns deles já considerados irreversíveis para o futuro do planeta. Em um ambiente dinâmico, globalizado e hiperconectado, faz-se necessário, portanto, que haja uma maior reflexão sobre a transformação digital e as mudanças provocadas pela Indústria 4.0 na construção civil.

No âmbito da construção civil, o estudo identifica e apoia-se no turismo, atividade de grande valor para o desenvolvimento regional das cidades e como um elemento capaz de fortalecer as culturas locais.

O turismo é importante também para a geração de empregos e por estimular o desenvolvimento regional das cidades e seu progresso socioeconômico. Durante a pandemia da covid-19, porém, a prática foi uma das mais impactadas em suas demandas, especialmente pelas determinações de isolamento social em todo o mundo. Passado esse momento crítico e atípico da nossa história, o setor tem retomado suas atividades de forma exponencial, potencializado por essa demanda reprimida ocasionada pelo contexto pandêmico (Nações Unidas Brasil, 2022).

A alavancagem do setor, no entanto, induzida pela necessidade de responder rapidamente a essa demanda reprimida, por muitas vezes tende a negligenciar questões fundamentais para a sustentabilidade do planeta, em detrimento de “correr atrás do tempo perdido” desse período em que a atividade praticamente parou. Nesse cenário, destinos turísticos famosos vêm sendo constantemente ameaçados pelo aumento da poluição, riscos ambientais, danos ao seu patrimônio e uso excessivo de recursos naturais. Em resposta, segundo a Organização Mundial do Turismo (OMT, 2002), de um lado oposto, o turismo sustentável consiste em uma prática que pondera os atuais e futuros impactos, uma vez que se apoia em três pilares: o ambiental, o sociocultural e o econômico (figura 2), considerando as necessidades dos turistas, da indústria, do meio ambiente e das comunidades locais. Para a OMT, trata-se da prática que atende às expectativas dos turistas e às necessidades socioeconômicas das regiões receptoras, ao passo que a integridade cultural, a integridade dos ambientes naturais e a diversidade biológica são mantidas para o futuro.

Figura 2 – Os pilares do turismo sustentável



Fonte: O que [...] (2020)

Entretanto a atividade do turismo vem agindo muitas vezes na direção oposta a essa lógica, acarretando enormes prejuízos ambientais ao longo dos últimos anos. O “movimento” tem acontecido em decorrência da implementação de empreendimentos hoteleiros que representam o conceito de turismo predatório, aquele que suprime as culturas locais e provoca danos importantes ao ambiente natural em que são implementados. Visando à redução de tais danos, a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), definiu como parte dos seus Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) as ações propostas na figura 3.

Figura 3 – Objetivos da ONU para o desenvolvimento sustentável



Fonte: Nações Unidas Brasil (2022)

Nesse contexto, a construção pré-fabricada *off-site* emerge como uma excelente alternativa ante as novas demandas do mundo contemporâneo. Sua utilização ao redor do mundo vem se consolidando ao longo das últimas décadas como uma grande estratégia na direção do desenvolvimento sustentável, fazendo do sistema uma ferramenta extraordinária na busca pela redução dos impactos ambientais de modo geral, além de promover um maior alinhamento do setor diante das inovações tecnológicas da atualidade.

O presente artigo reúne, portanto, discussões acerca da bioinspiração com base no estudo de micro-habitações pré-fabricadas voltadas para o turismo sustentável. Para isso, tem-se como objetivo geral destacar o potencial do *design* bioinspirado para a criação desses artefatos, no sentido de ressignificar o conceito de construção pré-fabricada, contextualizando-o com as demandas do mundo contemporâneo. Os objetivos específicos são:

- Estabelecer um debate teórico entre a micro-habitação pré-fabricada e o *design* bioinspirado;
- Analisar o conceito de micro-habitação e sua aplicação ao longo do tempo;
- Investigar o turismo sustentável como caminho viável para melhores práticas de projeto de arquitetura e *design* desses artefatos;
- Destacar benefícios da bioinspiração como estratégia projetual a ser aplicada em micro-habitações voltadas para o turismo sustentável.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta investigação, de caráter exploratório e qualitativo, foi dividida em três etapas, seguindo os objetivos específicos mencionados anteriormente. Em princípio, foi realizada uma revisão da literatura, de modo a construir o embasamento teórico entre dois tópicos principais: a construção pré-fabricada *off-site* no contexto da micro-habitação e o *design* bioinspirado.

Em seguida, investigou-se o conceito da pré-fabricação em micro-habitações e seu emprego ao longo do tempo, explorando sua evolução como conceito, no intuito de buscar ressignificá-lo no contexto de mundo contemporâneo. Para isso, foi realizado um apanhado histórico dessas soluções ao longo do tempo, o que permitiu estabelecer um paralelo entre as primeiras produções de micro-habitações pré-fabricadas e as mais recentes, com abordagem biomimética, resultando em uma classificação do estado da arte dessa área de investigação.

Por fim, foi enfatizado o potencial do *design* bioinspirado e a biofilia como ferramentas estratégicas de grande potencial para a concepção de projetos de arquitetura e *design* de micro-habitações voltadas para o turismo sustentável que envolvessem soluções de pré-fabricação, observando as vantagens do recurso na produção de artefatos com essas características.

RESULTADOS

Micro-habitação: explorando um novo paradigma de *design* habitacional

Ao longo da história, a pré-fabricação de micro-habitações na construção civil esteve quase sempre ligada a práticas emergenciais, tendo sua imagem vinculada a questões de economia e produção em massa, porém com qualidade construtiva questionável. Jencks (1991) apontou problemas recorrentes intrínsecos ao sistema, incluindo durabilidade, isolamento térmico e questões estéticas. Para Magalhães (2013), a qualidade de um artefato habitacional deveria considerar dimensões culturais, econômicas, ecológicas e sanitárias, fundamentais para todo e qualquer habitante.

No Brasil, o preocupante déficit habitacional presente há décadas – cujo montante apontava para cerca de 5,9 milhões de moradias em 2020 – indica que aspectos regionais e climáticos têm sido ignorados ao longo dos anos (Jacoski; Dreher; de Medeiros, 2016). Segundo Jacobs (1961), no século XX as habitações pré-fabricadas foram vistas como soluções rápidas e baratas para acomodar populações crescentes e áreas afetadas por desastres, mas frequentemente resultaram em projetos estandardizados e repetitivos, com qualidade inferior.

Esse preconceito sobre a tipologia construtiva terminou por contribuir para a criação de uma imagem pejorativa da solução ante o público em geral, que de forma inevitável terminou por vincular o sistema a soluções transitórias de baixa qualidade, perpetuando assim seu estigma ao longo do tempo.

Sob outro prisma, a crise global de moradia e urbanização, no entanto, estimula mudanças sociais, cujas demandas pressupõem uma vida mais simples e consciente quando comparada às gerações anteriores, pressupondo uma maior conexão com o meio ambiente, em que materiais sustentáveis e tecnologias inovadoras são vistos como elementos cruciais para o novo estilo de vida (Yudelson, 2018).

Nesse contexto, expressões híbridas encontram espaço na nova produção global de *design* e arquitetura, por estarem mais alinhadas aos anseios desse novo indivíduo. Dessa forma, emerge o interesse crescente pelas micro-habitações, por se tratar de uma solução que busca otimizar espaços com eficiência e mobilidade, preservando o conforto e a funcionalidade dos espaços (Smith, 2017), tendo a pré-fabricação como uma excelente alternativa para suprir tais demandas.

Desafios urbanos e sociais têm gerado interesse em soluções inovadoras em situações de desastres naturais e conflitos armados, em que a velocidade e a facilidade de implementação são essenciais para proteger e dignificar as pessoas afetadas. Nesse sentido, a busca por

soluções habitacionais sustentáveis, econômicas e inovadoras tem levado à adaptação de artefatos pré-fabricados para serem utilizados como micro-habitacões. Um exemplo notável dessa estratégia consiste no uso de manilhas de concreto como micro-habitacões temporárias ou permanentes, de baixo custo e fácil instalação (figura 4).

Figura 4 – OPod Housing No.1, Hong Kong



Fonte: Cybertecture Architects (2019)

No contexto apresentado, uma das principais necessidades identificadas nesta pesquisa é a de habitações que não sejam de uso temporário, mas que possam ser facilmente relocadas, porém não necessariamente efêmeras por natureza, desde a concepção. De acordo com Acharya (2013), a ideia central por trás das estruturas móveis ao redor do mundo é a capacidade de realocá-las conforme necessidades específicas. Embora essa abordagem seja atual, a autora destaca que a arquitetura móvel não é uma novidade e cita diversos exemplos históricos, como os *yurts* mongóis, as tendas beduínas e os *trailers* americanos.

Seguindo essa mesma abordagem projetual e construtiva, é possível destacar também a utilização de *containers* marítimos como uma opção viável para enfrentar as demandas emergenciais de habitação, por conformarem opções atraentes para a criação de espaços habitáveis compactos, em virtude da sua natureza modular e facilidade de transporte, entre outros atributos. Segundo Filho (2019), o uso desses artefatos como micro-habitacões traz consigo benefícios como rapidez de construção, redução de custos e menor impacto ambiental. A princípio, essa adaptação surgiu para auxiliar em questões emergenciais, à medida que eram utilizados como abrigos provisórios para vítimas de desastres naturais e de conflitos de guerra, por exemplo. Com o passar do tempo, a estratégia passou a ser aplicada também em espaços com usos secundários, como escritórios provisórios de canteiros de obra, alojamentos de funcionários, vestiários, refeitórios, presídios, entre outros (figura 5).

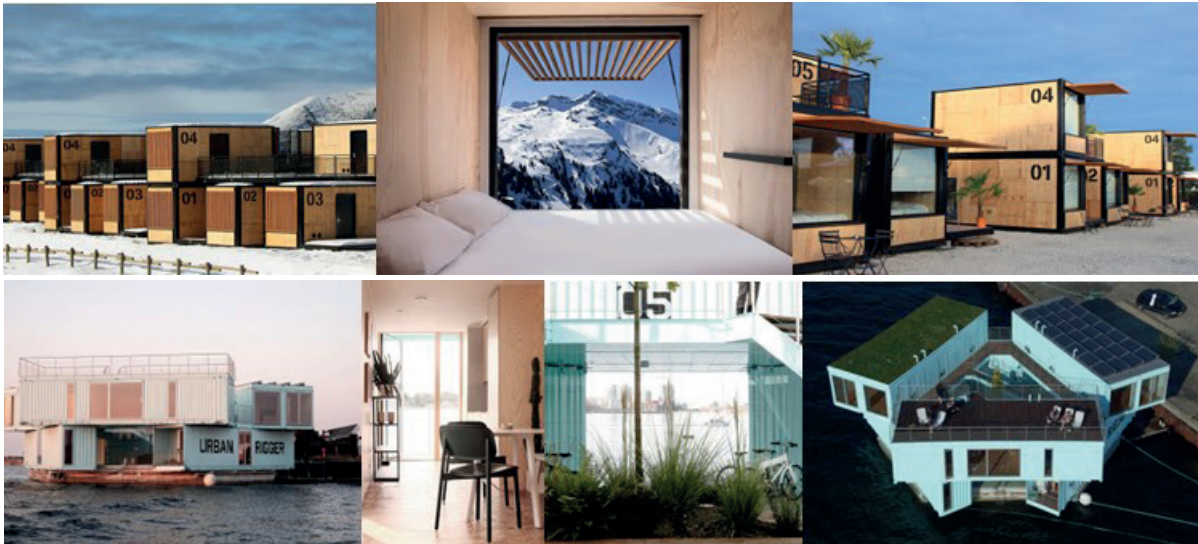
Figura 5 – Container Temporary Housing, Onagawa, do arquiteto Shigeru Ban



Fonte: Container [...] (2023)

A estrutura rígida, a durabilidade e a facilidade de transporte dos *containers* possibilitam uma rápida mobilização e montagem em diferentes locais. Seu caráter adaptável permite a concepção de espaços criativos e funcionais, atendendo às necessidades de diversos públicos e, no caso específico desta pesquisa, para fins de hospedagem, mas dessa vez com um maior apelo estético e de *design*, a exemplo de projetos de grande sucesso ao redor do mundo, como o Flying Nest Hotel, no Parque Nacional Francês de Avoraiz, projetado pelo arquiteto Ora-ito (figura 6), e os alojamentos Urban Rigger, concebido pelo escritório Bjarke Ingels Group (BIG) para acomodar estudantes universitários de Copenhague (figura 6).

Figura 6 – Flying Nest Hotel (acima) e Urban Rigger (abaixo)



Fonte: Flying [...] (2023)

Cowan, Hill e Frank (2013) enfatizam a conexão entre a reciclagem de *containers* marítimos e o sistema capitalista industrial, argumentando que, ao reimaginar objetos como potenciais abrigos, se abre um vasto leque de oportunidades para o reuso adaptativo dos artefatos do sistema capitalista industrial que continuam a ocupar nosso país com diversas mercadorias.

Com tal premissa, eles parecem considerar a prática de reutilização como uma forma de desafiar esse modelo econômico, ao dar novos propósitos aos “descartes” deles ou de seus produtos. Essa nova abordagem acerca da reutilização dos *containers* marítimos para fins habitacionais implicou uma forma de “redescobrir” esses artefatos, contribuindo para um melhor conceito sobre as micro-habitações pré-fabricadas e sua utilização.

De certo modo, a popularização da prática de adaptação e a cultura do imprevisto terminaram por contribuir também para com o estigma sobre o sistema ao longo do tempo, entretanto esse conceito possibilitou que paradigmas construtivos pudessem ser rompidos, despertando o mercado da construção civil para um olhar diferente acerca dos ganhos que a solução poderia oportunizar, sobretudo sobre aspectos de otimização dos espaços e sustentabilidade.

A importância do *design* bioinspirado para o turismo: rumo à micro-habitação do futuro

No sentido de buscar promover maior alinhamento às questões culturais do mundo contemporâneo e as possibilidades conferidas pela Quarta Revolução Industrial, a pesquisa sugere que as áreas da biofilia e biomimética possuem seguramente um potencial extraordinário para a criação de soluções construtivas sustentáveis e eficientes, que produzam menos danos ao meio ambiente e possam encontrar na própria natureza as melhores respostas para projetos de arquitetura e *design*.

Martins e Oliveira (2022) corroboram com tal pressuposto, ao afirmar que a biomimética permite explorar a sabedoria da natureza e aplicá-la na busca por soluções “inteligentes” e sustentáveis. Essa abordagem pressupõe também uma rica experiência aos usuários dos artefatos habitacionais para fins de turismo, no sentido de promover maior conexão entre o hóspede e a natureza, adicionando ainda maior valor percebido pelos usuários sobre esses empreendimentos, o que promove a ressignificação do conceito ante as demandas contemporâneas do novo indivíduo.

Uma das ferramentas que permitem tomar a natureza como referência, conforme proposto por Benyus (1997), é a analogia. Na antiguidade clássica, filósofos como Aristóteles e Platão já exploravam a analogia. Nesse contexto, ela se tornava uma abstração compartilhada, ou seja, eram analisados padrões, regularidades, atributos, ideias ou funções entre objetos análogos, avaliando e comparando o que esses objetos tinham em comum (Arruda; Freitas, 2018).

Conforme Soares (2016 *apud* Arruda; Freitas, 2018), há três categorias de analogias intimamente ligadas à biomimética: analogia morfológica, analogia funcional e analogia simbólica. A analogia morfológica é essencialmente a exploração prática da criação de modelos elaborados que traduzam características estruturais e formais, aplicando-as em projetos. Dessa maneira, examinam-se as formas e os padrões originados pela natureza, observando as funções de sua geometria, texturas, estruturas e as interconexões entre cada característica, tanto em escalas macro quanto microscópicas.

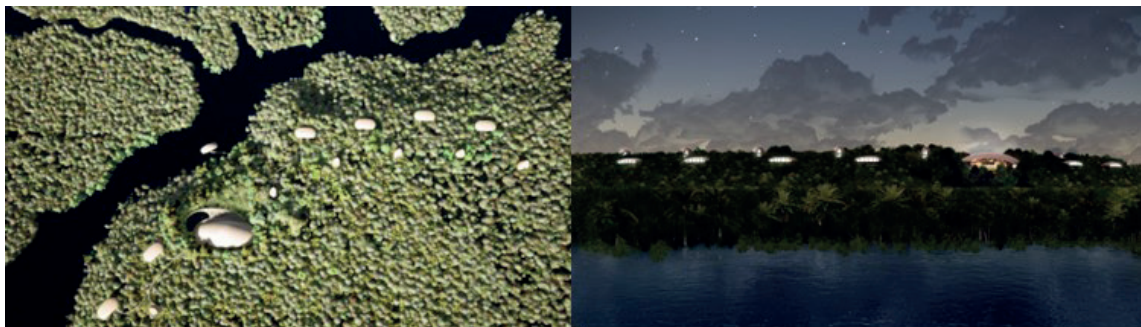
Já a analogia funcional concentra-se nos sistemas físicos e mecânicos desenvolvidos pela natureza, ou seja, nas funções desempenhadas pelos atributos de organismos vivos, independentemente da escala, para possibilitar a incorporação dessas características em artefatos artificiais.

Quanto à analogia simbólica, seu enfoque está na análise e na emulação abstrata de características naturais. Não se trata de uma reprodução exata, e sim de uma inspiração, uma correspondência com alguns aspectos morfológicos e/ou funcionais presentes na natureza, como exemplificado pela arquitetura biomórfica do arquiteto espanhol Antoni Gaudí, que evidencia uma profusão de curvas e contracurvas, incorporando detalhes inspirados em elementos naturais (Arruda; Freitas, 2018).

Nesse sentido, o Atelier Marko Brajovic apresentou na 17.^a Bienal de Arquitetura de Veneza o projeto arquitetônico, em andamento, do hotel Mirante do Madadá, às margens do Rio Negro na Amazônia, que pretende elevar a experiência na maior floresta tropical do mundo. O complexo turístico ficará em frente ao Parque Nacional de Anavilhanas, no Amazonas, e propõe uma imersão na floresta e em sua biodiversidade a partir de um turismo de base comunitária, realizado em prol do desenvolvimento sustentável da região.

Segundo o próprio projetista, o gesto simbólico e morfológico do projeto, igualmente como a própria palavra sugere, é o de “plantar sementes”. Para ele, as sementes condensam toda a força e informação de uma futura planta, ao passo que simbolizam a prosperidade da vida e a magia da germinação no momento certo. Essa premissa, presente no conceito de *design* biofílico, inspirou a implantação e disposição dos volumes na mata atlântica, percebidos na figura 7.

Figura 7 – Complexo Mirante do Madadá: implantação



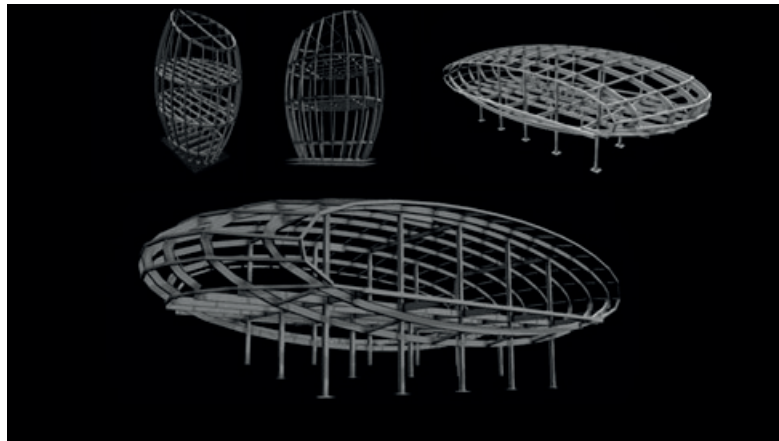
Fonte: Mirante [...] (2023)

O Mirante do Madadá emerge do significado metafórico e da inteligência estrutural das sementes e dos seus casulos, oferecendo soluções do *design* da natureza. As arquiteturas “sementes”, espaços habitacionais compactos que compõem o complexo do Mirante do Madadá, organizam-se no território de forma orgânica, em que cada espaço se constrói segundo as características morfológicas do terreno e respeitando a vegetação local.

As interações entre os módulos arquitetônicos no terreno e dentro de cada estrutura foram cuidadosamente equilibradas, considerando espaços abertos e fechados, superfícies e fechamentos, bem como a interação entre interior e exterior. Essas relações pretendem amplificar a experiência física e espiritual da conexão conosco mesmos e com o ambiente circundante.

Como solução estrutural para edificação dos “casulos”, foi utilizado um *framing* de madeira levemente arqueado, que dará origem à conformação curva das fachadas dos módulos, contribuindo para um visual leve e aerodinâmico (figura 8). As paredes, por sua vez, funcionam como membranas de ligação com o entorno natural, compostas por lonas de PVC tensionadas sobre estruturas metálicas, com encaixes para painéis de madeira, proporcionando uma estrutura interna seca. Os acabamentos incluem painéis trançados manualmente, feitos de diversas fibras naturais.

Figura 8 – Complexo Mirante do Madadá: solução estrutural



Fonte: Mirante [...] (2023)

Já as passarelas que “serpenteiam” pela floresta conectam e distribuem os caminhos entre todos os espaços de forma segura, fazendo com que a ocupação do espaço se dê de forma orgânica e promova a imersão e o desfrute da natureza, potencializando a experiência do hóspede no meio ambiente e cultura locais, conformando uma arquitetura baseada nos preceitos de biofilia (figura 9). Os “módulos semente”, que abrigam os quartos, estão estrategicamente dispostos ao longo do percurso e sua forma imita as sementes encontradas no rio.

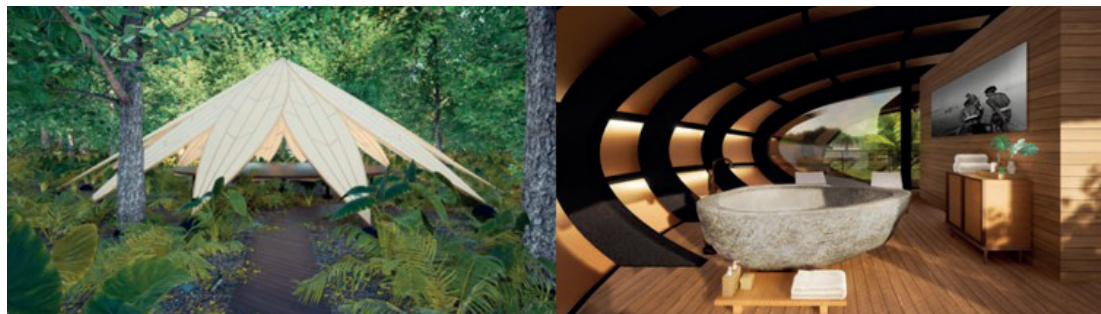
Figura 9 – Complexo Mirante Madadá: módulos de hospedagem



Fonte: Mirante [...] (2023)

Compondo o conjunto, o ponto mais longe na mata será a Casa de Cura, espaço dedicado a práticas de *yoga*, massagens, banhos ayurvédicos e encontros com representantes indígenas da região. Seu formato foi inspirado na vitória-régia, planta aquática típica da Amazônia que chega a mudar de coloração e possui importância mitológica (figura 10). O biomorfismo presente nesse pavilhão constitui um artefato de destaque do projeto, que simboliza de forma lúdica esse elemento presente na natureza e toda sua diversidade.

Figura 10 – Complexo Mirante do Madadá: Casa de Cura



Fonte: Mirante [...] (2023)

O Complexo Mirante do Madadá constitui não somente uma boa solução arquitetônica e paisagística em termos técnicos, como representa um manifesto arquitetônico de caráter social e sustentável, uma vez que valoriza a vasta biodiversidade do seu entorno, promovendo a valorização da cultura e história presentes no seu contexto de implantação, por meio da arquitetura biofílica e o *design* bioinspirado, utilizados como conceitos fundamentais para sua materialização.

Outro exemplar bem-sucedido de arquitetura e *design* bioinspirados no âmbito do turismo sustentável é o Sandibe Okavango Safari Lodge, um hotel de luxo em Okavango Delta, Botswana, país do continente africano. Na opinião de Nicholas Plewman, projetista do hotel, “o lugar é um manifesto de todas as criaturas que nunca encontraram um local para refugiar-se embaixo das árvores centenárias do entorno”. Sua inspiração vem dos animais que carregam seus refúgios consigo e os tecem à mão por meio de materiais orgânicos.

Assim, foi escolhido o pangolim – espécie de tatu africano –, com um motivo específico, graças ao seu caráter tímido, evasivo e completamente inofensivo e sua capacidade de esconder-se na sua própria carapaça protetora de escamas, utilizada como fonte de inspiração na solução morfológica para a cobertura da edificação, que ora se confunde com sua envoltória (fechamentos laterais), chegando a tocar no chão (figura 11).

Figura 11 – Sandibe Okavango Safari Lodge



Fonte: Hotel [...] (2023)

Sandibe é predominantemente construído com madeira, em que as vigas de pinos laminadas conferem sua forma curvilínea. A estrutura do edifício assemelha-se à de um barco invertido, composto por camadas de tábuas de pinho impermeabilizadas com uma membrana de acrílico e revestidas com telhas de cedro canadense. As paredes externas são feitas de telas e grades formadas por lâminas de eucalipto conectadas por arame rígido.

Tanto as coberturas quanto os pisos foram confeccionados com madeiras certificadas pelo Conselho de Gestão Florestal (FSC). Tem-se a impressão de que a última das edificações, por exemplo, brota de forma natural a partir do terreno ribeirinho, como se fosse uma criatura nativa, amigável e maternal, guiando suavemente os visitantes para fora através do exuberante bosque pantanoso (figura 12).

Figura 12 – Sandibe Okavango Safari Lodge



Fonte: Hotel [...] (2023)

Na visão do arquiteto, o sucesso ambiental do projeto pode ser medido sobretudo pela presença contínua da vida selvagem abundante na região, incluindo grandes animais como elefantes, hipopótamos, leões e leopardos, que continuam a habitar e usar o local como se a construção não estivesse presente, demonstrando que esses animais simplesmente não percebem sua presença (figura 13).

Figura 13 – Sandibe Okavango Safari Lodge



Fonte: Hotel [...] (2023)

Segundo Pei (1993), “a boa arquitetura permite que a natureza entre”. Essa observação reitera a importância da harmonia entre o ambiente natural e o construído, fundamental no contexto do turismo sustentável e que encontra excelentes possibilidades de aplicação no universo da biomimética e na biofilia, permanentemente presentes no projeto do complexo.

Já o caso brasileiro dos bangalôs do Votu Hotel, desenvolvido pelo escritório GCP Arquitetura e Urbanismo, que será construído na Bahia, exemplifica o conceito de biomimética em arquitetura em projetos de hotéis que enfocam o turismo sustentável. De origem tupi-guarani, “votu” significa “vento”, explorando o conceito desde o seu próprio nome. Diferentemente das abordagens anteriores, esse projeto optou por incorporar os princípios da biomimética para criar soluções visando ao conforto térmico e à eficiência energética, inspirando-se no modelo da toca do cão-de-pradaria.

O cão-de-pradaria – espécie de roedor nativo da América do Norte – constrói suas tocas subterrâneas, mantendo aberturas para ventilação e resfriamento, especialmente em meio a grandes colônias, onde as temperaturas são muito altas no verão e baixas no inverno (Delaqua, 2018). O recurso criado pelo animal, que faz suas tocas enterradas no solo com entradas e saídas de ar, inspirou a ventilação natural e constante do projeto dos bangalôs do Votu Hotel, assegurando conforto térmico mesmo em momentos em que o espaço esteja fechado (figura 14).

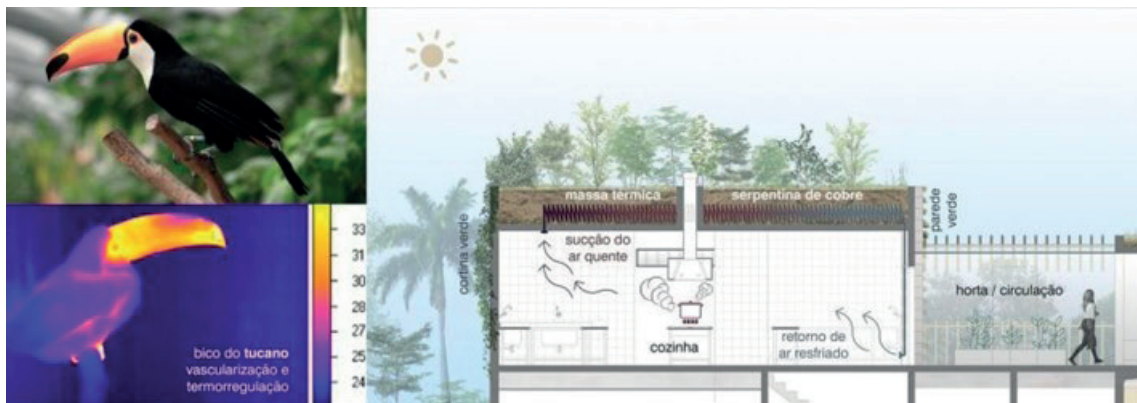
Figura 14 – A toca do cão-de-pradaria e a solução projetual para o bangalô do Votu Hotel



Fonte: GCP Arquitetura e Urbanismo (2016)

No edifício principal, o telhado da cozinha também é verde, porém funciona como um grande dissipador de calor inspirado nos bicos dos tucanos. Assim como o bico vascularizado e grande do tucano atua como um radiador térmico altamente eficiente, proporcionando a mais significativa troca térmica conhecida entre os animais, o calor gerado na cozinha é dissipado de maneira semelhante (figura 15).

Figura 15 – Solução projetual para o bangalô do Votu Hotel inspirada no bico dos tucanos



Fonte: GCP Arquitetura e Urbanismo (2016)

À medida que o calor se eleva, é conduzido por uma serpentina de cobre que atravessa o solo do telhado. O ar é resfriado à sombra de um jardim no terraço e, eventualmente, retorna à cozinha – um sistema de ar condicionado natural que não requer energia adicional. A escolha por elementos pré-fabricados de madeira se deu por meio dos brises verticais de sombreamento, que, combinados com o teto-jardim utilizado na cobertura inclinada dos bangalôs, contribuem para o melhor conforto do usuário em todas as estações do ano.

O caso demonstra o potencial quanto à otimização dos recursos disponíveis no meio ambiente e resiliência em adaptar-se a diferentes situações, como mudança de clima e demais fatores externos. Isso ressalta a grande importância para arquitetos e designers de criar construções e artefatos que possam evoluir com o tempo, minimizando seu impacto para o meio ambiente, especialmente a longo prazo.

Tais soluções encontradas pelos animais denotam a capacidade da natureza em criar estratégias projetuais, não somente em termos de abrigo e proteção, mas sobretudo para fins de conforto térmico, configurando uma estratégia inteligente e eficaz para esse contexto. O recurso teve importância fundamental no sentido de inspirar a solução bioclimática para o bangalô, que, combinada com outros elementos de arquitetura paisagística e biofílica, deverá propiciar conforto térmico e ambiência satisfatórios para os visitantes, contribuindo para seu bem-estar e melhor experiência em hospedagem.

Por fim, evidenciando a biofilia e bioinspiração em arquitetura no universo do turismo sustentável, é possível citar o projeto das Cabanas Coco, que compõem o complexo hoteleiro Art Villas Resort, situado na Playa Hermosa, Bahia Ballena, na Costa Rica. Desenvolvido pelo escritório Archwerk em parceria com o Formafatal, o conjunto arquitetônico Coco constitui parte do complexo e representa o conceito *glamping* de hospedagem, manifestado por intermédio de uma arquitetura lúdica, tropical e sustentável em um terreno altamente acidentado, com vista para o Oceano Pacífico (figura 16).

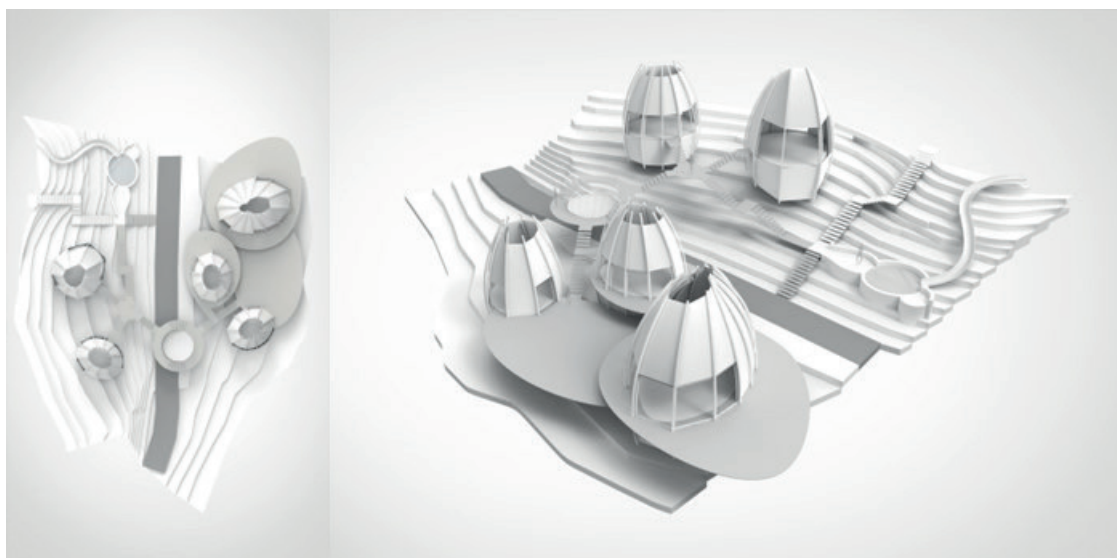
Figura 16 – Cabanas Coco: perspectiva



Fonte: Art [...] (2021)

Para isso, uma diretriz inicial dos projetistas para o projeto foi edificar com soluções simples e materiais locais uma arquitetura que estivesse inteiramente integrada ao ambiente natural – caracterizado por terreno acidentado e exuberante vegetação tropical –, estabelecendo assim uma relação de sinergia entre ser humano, arquitetura e natureza. O conjunto Coco é composto por cinco pequenas construções (figura 17) que flutuam alguns metros acima do terreno íngreme e integram-se harmonicamente à densa vegetação circundante.

Figura 17 – Cabanas Coco: implantação

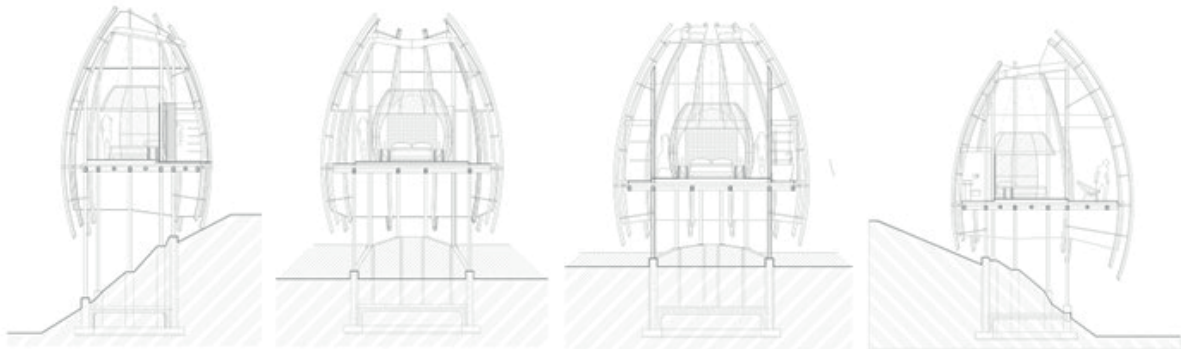


Fonte: Art [...] (2021)

Inspirado nas cascas de coco, o conceito de biofilia está presente em cada parte do projeto, cuja intenção inicial seria transmitir a ideia de “casas na árvore”. Para tal, os arquitetos desses espaços compactos demonstraram sensibilidade ao conectar os volumes por meio de passarelas e escadas de madeira e metal expandido, sustentadas por colunas de aço.

Isso permite interferir minimamente no ambiente natural e gerar o menor impacto possível no solo da encosta, o que é facilmente percebido pelas seções do projeto (figura 18), em que é possível notar a sutileza criada como solução para a fundação dos edifícios, assim como a importância dada na preservação da topografia. A estratégia de elevar os volumes do solo contribui ainda para o resfriamento natural e conforto térmico no interior das cabanas, conformando mais uma vez o importante papel da arquitetura bioclimática para o turismo sustentável.

Figura 18 – Seções transversais e longitudinais das cabanas Coco



Fonte: Art [...] (2021)

As plataformas de configuração minimalista foram intencionalmente desenhadas com linhas limpas no intuito de não interferirem visualmente na mata local. Além disso, funcionam ora como mirantes para contemplação da natureza, ora para atividades físicas em meio às copas das árvores, promovendo uma maior conexão do usuário com a fauna e flora locais (figura 19).

Figura 19 – Plataformas e escadas das cabanas Coco



Fonte: Cabanas [...] (2023)

A pré-fabricação presente nos principais elementos construtivos do projeto foi primordial para viabilizar a edificação dos volumes em condições de topografia e acessos tão adversas, a que os sistemas construtivos convencionais certamente não conseguiriam atender. A capacidade de promover aos visitantes uma experiência imersiva na natureza faz do conjunto de cabanas Coco uma solução bem-sucedida de arquitetura e *design* biofílico no campo do turismo de experiência, seja pela sutileza arquitetônica e respeito ao ambiente natural, seja pela escolha correta dos principais materiais e sistema construtivo utilizados no projeto.

As aplicações trazidas nos quatro exemplos de biofilia e bioinspiração em projetos de arquitetura e *design* de artefatos habitacionais compactos voltados para o turismo sustentável tendem a contribuir de forma significativa para essas soluções. A inteligência encontrada na natureza, quando adaptada para projetos de arquitetura e *design* de artefatos habitacionais, aponta para um caminho promissor na busca por soluções de arquitetura e *design* que gerem menos impacto ao meio ambiente, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do planeta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exploração da natureza como modelo, parâmetro e guia (Benyus, 1997) tem sido vista como fundamental diante do desafio ambiental atual, particularmente relacionado à emissão de dióxido de carbono na atmosfera (IPCC, 2018).

O presente artigo investigou o emprego do *design* bioinspirado como estratégia projetual contemporânea, na concepção de micro-habitações pré-fabricadas voltadas para o turismo sustentável, por meio da qual se admitiu seu vasto potencial para aplicação, tanto por sua exploração topológica quanto por soluções eficazes da natureza na prática de projetos de arquitetura e *design*.

Tais potencialidades demonstram que o *design* biofílico e o *design* bioinspirado representam alternativas projetuais com enorme potencial para resolver problemas do mundo contemporâneo de forma eficiente e criativa, especialmente no âmbito dos artefatos voltados para esse contexto de projeto.

Por fim, conclui-se que os conceitos de biomimética e biofilia podem e devem ser empregados no desenvolvimento dessa tipologia arquitetônica, no sentido de colaborar para uma melhor experiência do usuário e ainda contribuir para uma menor pegada de carbono para o planeta. Dessa forma, o conceito da pré-fabricação em micro-habitações tende a assumir um novo papel ante as demandas contemporâneas, sobretudo quando aplicadas em projetos voltados para turismo de experiência, desconstruindo assim o estigma criado no passado em relação a esses espaços ao longo da história, para que possam então ressurgir como objetos de valor e vanguarda em arquitetura e *design*.

REFERÊNCIAS

- ACHARYA, A. **Mobile architecture: construction & design manual**. Berlin: DOM Publishers, 2013.
- ARRUDA, A. *et al.* (org.). **Tópicos em design: biomimética, sustentabilidade e novos materiais**. Curitiba: Insight, 2019.
- ARRUDA, A.; FREITAS, T. L. de. Novas estratégias da biomimética: as analogias no biodesign e na bioarquitetura. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 73-82, mar. 2018.
- ART Villas Costa Rica. **Amazing Architecture**. 2021. Disponível em: <https://amazingarchitecture.com/resort/coco-art-villas-costa-rica-by-archwerk-and-formafatal>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J. **Reinventing construction: a route of higher productivity**. 27 February 2017.
- BENYUS, J. M. **Biomimicry: innovation inspired by nature**. Harper Collins, 1997.
- CABANAS Coco Art Villas Costa Rica. **Archdaily**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/955977/cabanas-coco-art-villas-costa-rica-archwerk-plus-formafatal>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- CONTAINER Temporary Housing. Disponível em: <https://arquitecturaviva.com/works/viviendas-temporales-container-3>. Acesso em: 15 set. 2023.
- COWAN, V.; HILL, A.; FRANK, T. **Upcycling shipping containers into homes: a sustainable solution for affordable housing**. 1. ed. New York: Routledge, 2013.
- CYBERTECTURE ARCHITECTS. 2019. Disponível em: <https://boomers-daily.com/tag/cybertecture-architects/>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- DELAQUA, V. Aprendendo com a natureza: conheça o projeto do Votu Hotel. **Archdaily**, 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/887431/aprendendo-com-a-natureza-conheca-o-projeto-do-votu-hotel>. Acesso em: 20 set. 2023.

FILHO, J. M. **Arquitetura nômade**: contêineres marítimos como soluções habitacionais. 1. ed. São Paulo: Editora GG, 2019.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: Encontro Tecnologia da Informação na Construção Civil, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre, 2007.

FLYING Nest Shipping Container Hotel. **Uncrate**. Disponível em: <https://uncrate.com/flying-nest-shipping-container-hotel/>. Acesso em: 14 set. 2023.

HOTEL Okavango Safari. **Archdaily**. Disponível em: [www. https://www.archdaily.com.br/br/772722/](http://www.https://www.archdaily.com.br/br/772722/). Acesso em: 14 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.

JACOBS, J. **The death and life of great American cities**. New York: Random House, 1961.

JACOSKI, C. A.; DREHER, A. R.; DE MEDEIROS, R. Conceitos de bioclimatologia e sustentabilidade aplicados a fase de projeto em habitações de interesse social. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 1, p. 145-159, 2016.

JENCKS, C. **The language of post-modern architecture**. 6. ed. London: Academy Editions, 1991.

MAGALHÃES, A. R. **Habitação sustentável**: princípios e práticas. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2013.

MARTINS, J. C.; OLIVEIRA, L. F. **Biomimética**: inovação inspirada pela natureza. São Paulo: Editora Blucher, 2022.

MINISTÉRIO DO TURISMO. Coordenação Geral de Regionalização. **Programa de regionalização do turismo – roteiros do Brasil**: turismo e sustentabilidade. Brasília, DF, 2007.

MIRANTE do Madadá. **Atelier Marko Brajovic**. Disponível em: www.markobrajovic.com/pt-br/all/mirante-do-madada. Acesso em: 14 maio 2023.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **12 dicas para ser um turista sustentável e não prejudicar a natureza**. 3 nov. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/205840-12-dicas-para-ser-um-turista-sustentavel-e-nao-prejudicar-natureza>. Acesso em: 15 set. 2023.

OMT – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO TURISMO. **Contribuciones de la Organización Mundial del Turismo a la cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible**. Johannesburgo, 2002.

O QUE é turismo sustentável e como ser um viajante consciente. **Quase Nômade**, 1.º jun. 2020. Disponível em: <https://quasenomade.com/o-que-e-turismo-sustentavel/>. Acesso em: 14 set. 2023.

PEI, I. M. **Arquitetura e natureza**: uma abordagem integrativa. São Paulo: Editora Perspectiva, 1993.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Currency, 2016.

SMITH, R. E. **Prefabricated housing**: principles and practice. Nova York: Routledge, 2017.

YUDELSON, J. **Sustainable residential development**: planning and design for green neighborhoods. Washington, DC: Island Press, 2018.

Registro de contribuição de autoria:

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

PFCN. Redação – original, Redação – revisão e edição, Conceitualização, Análise formal, Investigação, Metodologia, Curadoria de dados

AJVA. Conceitualização, Curadoria de dados, Metodologia, Supervisão, Investigação, Validação

Declaração de conflito: nada foi declarado.