

ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS BIOMIMÉTICAS DE PROJETO NA AMAZÔNIA

Camila Monica Cardoso da Silva (IC) e Jair Antonio de Oliveira Junior (Orientador)

Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

A biomimética é um campo de estudo relativamente novo, porém muito bem fundamentado. A natureza, após 3,8 bilhões de anos de evolução adaptou-se, criando estratégias para desafios que todos os seres vivos enfrentam: a luta por sobrevivência. Em vista disso, os estudiosos de biomimética compreendem que qualquer questão que os seres humanos possam ter no presente, a natureza, em dado momento do passado já a resolveu; e esta mesma solução pode ser aplicada em questões contemporâneas da humanidade, como, por exemplo, a capacidade de adaptação ao morar em lugares extremos. Entretanto, a grande parte das culturas indígenas há muito tempo, já entendiam seu lugar na natureza e consultavam a fauna e a flora para suas indagações; relação esta que foi se perdendo gradualmente quando as máquinas ocuparam cada vez mais o cotidiano da população; e no Brasil não foi diferente, todavia, a cultura ribeirinha amazônica localizada as margens do Rio Solimões possuem uma forte e direta influência da arquitetura indígena, de modo que suas moradias estão locadas em um meio ambiente extremamente hostil e rico em diversidade de fauna e flora. Isto gera uma situação ideal para um estudo de correlação entre passado, presente e futuro; conhecimento científico e saber tradicional; homem e natureza. Portanto, esta pesquisa propõe-se a entender possíveis relações, a partir do método biomimético, entre o modo de morar ribeirinho amazônico, ou seja, as casas em palafitas e flutuantes; e a vegetação local, ambas encontradas na região das margens do Rio Solimões.

Palavras-chave: Biomimética. Arquitetura Ribeirinha. Amazônia.

ABSTRACT

Biomimicry is a relatively new, but very well-founded field of study. Nature, after 3.8 billion years of evolution has adapted, creating strategies for challenges that all living beings face: the struggle for survival; in view of this, scholars of biomimetics understand that any issue humans may have in the present, nature at some point in the past has already solved it, and this same solution can be applied to contemporary issues of the humanity, such as the ability to adapt when living in extreme places. However, most indigenous cultures have long understood their place in nature and consulted the fauna and flora for their questions; this relationship was gradually lost when the machines increasingly occupied the population's daily life; and in Brazil it was no different, however, the Amazon riverine culture located on the riverside of Solimões River has a strong and direct influence of indigenous architecture, so that their homes are located in an environment extremely hostile and rich in diversity of fauna and

flora. This creates an ideal situation for a study of the correlation between past, present and future; scientific knowledge and traditional knowledge; man and nature. Therefore, this research aims to understand possible connections, based on the biomimetic method, between the Amazon riverine way of living, that is, the stilt houses and floating houses; and the local vegetation, both found in the region along the riverside of Solimões River.

Keywords: Biomimicry. Riparian Architecture. Amazon.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Problema de pesquisa

A Global Footprint Network, organização internacional pela sustentabilidade, é responsável por calcular desde 1970 o “Dia da Sobrecarga da Terra”, dia este que aponta a data em que o planeta esgotou todos os seus recursos naturais destinados ao ano referido. Em 2020, ano da chegada da pandemia mundial do COVID-19, o “Dia da Sobrecarga da Terra” chegou em 22 de agosto, sendo a primeira vez em 50 anos que esta data regrediu. Isto ocorreu por conta da recessão econômica mundial e dinâmica divergente adotada em todo o mundo, como, por exemplo, a menor quantidade de locomoções que geram menos emissões de combustíveis fósseis e logo, menos gases de efeitos estufa (INSTITUTO AKATU, 2021).

Mas em 2021, com a retomada da indústria e a busca pela recuperação econômica global, voltamos aos mesmos níveis de 2019, ano que antecedeu a pandemia global do coronavírus; retornamos ao consumo de 74% a mais de recursos naturais do que o planeta é capaz de regenerar em um ano. Desse modo, o ano de 2021 e o ano de 2019 compartilham da mesma data do “Dia da Sobrecarga da Terra”, dia 29 de julho, faltando exatos 155 dias para o fim do ano (INSTITUTO AKATU, 2021).

1.2 Justificativa

Estes números representam a relação homem-natureza existente, que em sua grande parte sempre foi de dominação do ser humano sobre a natureza, extraindo seus recursos naturais desde os primórdios; sendo intensificadas na industrialização e mantidas dessa forma em decorrência do consumismo desenfreado, visto que quanto mais consumo, mais produção e uso dos recursos naturais. A Revolução Industrial que substituiu o trabalho artesanal pela mecanização do trabalho, trouxe impactos prejudiciais como a poluição ambiental, consumo desmedido de recursos naturais, resíduos e rejeitos industriais nunca experimentados de tal forma pelo homem e com isso a preocupação com as questões ambientais começaram a fomentar.

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

A biomimética propõe o oposto dessa relação de dominação, esta pretende-se estabelecer uma relação de instrução. Colocar-se a disposição de aprender com a

natureza, realoca o ser humano em seu devido lugar no ecossistema, ou seja, o ser humano como parte e não como dominador, compreendendo que o ser humano deve aprender com todas as outras espécies o modo de viver sem gerar danos ao meio ambiente e as outras espécies.

Numa sociedade acostumada a dominar ou “melhorar” a natureza, essa respeitosa imitação é uma abordagem inteiramente nova, uma verdadeira revolução. Diferentemente da Revolução Industrial, a Revolução Biomimética inaugura uma era cujas bases assentam não naquilo que podemos extrair da natureza, mas no que podemos aprender com ela. (BENYUS, 1997, p.10)

Ainda que a biomimética seja uma metodologia contemporânea, desde tempos remotos, povos indígenas já possuíam uma relação intimamente ligada com a natureza. Para Benyus (1997), há uma extensa sabedoria contida nos ensinamentos das sociedades pré-industriais, estas em sua grande parte, sobreviveram sem agredir o meio. No Brasil, por exemplo, houve e ainda há povos indígenas vivendo em grande harmonia com a natureza que os rodeia e que se colocaram no lugar de aprendiz para absorver conhecimentos que a fauna e a flora podem oferecer.

1.3 Objetivo

Portanto, reconhecendo certa similaridade entre o novo conhecimento científico que é a biomimética e o saber tradicional dos povos indígenas, surgiu uma questão sobre a possibilidade de haver uma ligação entre estes dois assuntos, onde os temas se encontrariam; o que resultou no homem ribeirinho amazônico. Os habitantes da região de várzea do Rio Solimões-Amazonas possuem forte influência indígena e são em grande parte, descendentes diretos destes mesmos povos.

Habitando uma região rica em biodiversidade, mas que, ao mesmo tempo, é complexa e extrema, os ribeirinhos amazônicos precisaram se adaptar em todos os âmbitos necessários para sobreviver ao meio, o que inclui o seu modo de morar. À vista disso, esta pesquisa busca relacionar arquitetura ribeirinha e biomimética através da observação de casas palafíticas e casas flutuantes e a vegetação local, gerando analogias iniciais para aplicação no modo de morar ribeirinho.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

2.1 Biomimética

O termo “biomimética” é uma terminologia derivada do grego, resultado da soma entre “*bios*” que significa vida, e “*mimesis*”, imitação. Trata-se de um ramo da ciência que busca a inovação de criações humanas inspiradas na imitação consciente dos processos encontrados na biossistema (BENYUS, 1997). Pode-se afirmar,

portanto, que diversas áreas do conhecimento como, por exemplo, o *design* e a arquitetura, podem ser beneficiados com soluções mais inovadoras, sustentáveis, funcionais e baratas por meio do mimetismo das estratégias e concepções da natureza.

Para essa finalidade, a biomimética direciona seus esforços para promover a função como cerne da questão. A função pode ser entendida como mecanismos e estratégias que um organismo adota para atender suas necessidades funcionais e consequentemente, sobreviver (TOOLBOX BIOMIMICRY, 2021). Um dos exemplos clássicos é o velcro, nome comercial de um material prendedor que é uma opção aos zíperes, criado pelo engenheiro suíço George de Mestral e inspirado na natureza.

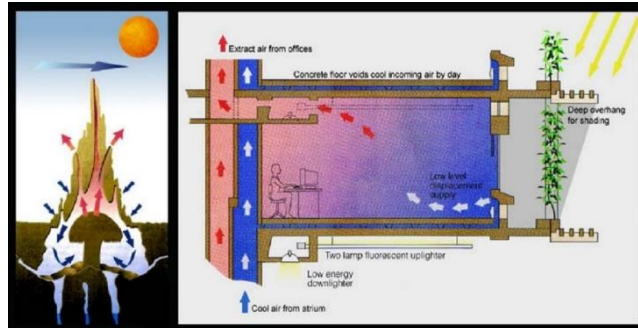
Em um passeio nos Alpes com o seu cão no ano de 1941, Mestral notou haver diversas sementes de bardana (*Arctium lappa*) grudadas na sua roupa e nos pelos do cachorro. Com seu microscópio, o engenheiro descobriu que estas sementes possuem ganchos minúsculos que se prendem em superfícies felpudas como os pelos de animais; estas permanecem até caírem por conta do forte atrito do animal se limpando, assim as sementes se dispersam e mantem-se a sobrevivência da espécie. Compreendendo este mecanismo, Mestral criou o velcro que possui duas tiras de *nylon*: uma revestida de ganchos minúsculos e altamente resistentes e a outra com características felpudas, formando pequenos laços. O engenheiro fundou uma indústria com essa tecnologia inspirada na natureza e hoje, o velcro pode ser encontrado por todo lugar (CHALLONER, 2010).

Do mesmo modo, no campo da arquitetura podem ser encontradas diversos exemplos práticos de aplicação da biomimética, onde há a procura de uma função na natureza que seja semelhante à função que o arquiteto esteja se propondo a resolver, sendo este o grande segredo para um resultado positivo da aplicabilidade do método biomimético. Utilizando-se de forma correta deste método, arquitetos podem usufruir destes benefícios, projetando edifícios mais eficientes e inteligentes, como o Eastgate Building Harare, o CH2 – Council House 2 e o Votu Hotel.

O Eastgate Building Harare é um *shopping center* e edifício de escritórios que utiliza formas passivas de controle climático, sem a necessidade do uso do ar-condicionado. Mick Pearce, arquiteto responsável pela obra, inspirou-se no controle de temperatura interna dos cupinzeiros, sendo este uma escolha baseada em pesquisas que demonstraram que as estruturas dos cupinzeiros permitiam fluxo de ar interno passivo, resultando em um maior controle interno de temperatura. Por não possuir um sistema de ar-condicionado, foram economizados 10% dos custos iniciais

e atualmente em comparação com edifícios vizinhos, os aluguéis são mais baratos (ASK NATURE, 2021).

Figura 1: Entrada e saída de ar dos cupinzeiros e a aplicação no Eastgate Building Harare



Fonte: Mick Pearce. Disponível em:
<http://www.mickpearce.com/>. Acesso em: 10 set. 2021

Ademais, há um exemplo nacional, no entanto, ainda não edificado, o Votu Hotel. Este hotel é localizado na Praia dos Algodões, Bahia, região onde possui extensa biodiversidade, altas temperaturas, bom índice pluviométrico e salinidade. Para resolver tais desafios, a equipe estudou as entradas e saídas que o Cão da Pradaria fazem em suas tocas para a ventilação natural, o auto sombreamento de cactos para o fechamento do hotel e na cobertura da cozinha do prédio principal, utilizou-se de inspiração para a troca de calor, o bico do tucano (GCP Arquitetura e Urbanismo, 2021).

Figura 2: Funcionamento do auto sombreamento dos cactos e aplicação no Votu Hotel



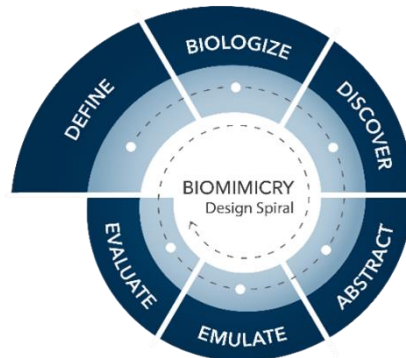
Fonte: GCP Arquitetura e Urbanismo. Disponível em:
<http://www.gcp.arq.br/>. Acesso em: 10 set. 2021

2.2 Método Biomimético: Biomimicry Design Spiral

O método utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa é conhecido como “*Biomimicry Design Spiral*”, onde possui a forma visual de uma espiral. Criado pelo *designer* industrial Carl Hastrich em 2005, a espiral foi escolhida porque “espirais estão em todos os lugares da natureza, porque desempenham muitas funções”. Este método

possibilita um processo fluido, sendo possível o retorno para passos anteriores quando necessário para o desenvolvimento da solução biomimética, seja para refazer, aprofundar ou modificar o conteúdo. Além de que estes passos permitem que uma solução eficiente seja encontrada, considerando os diversos contextos envolvidos no desafio. (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2016)

Figura 3: Modelo visual do método “Biomimicry Design Spiral”



Fonte: Toolbox Biomimicry.
Disponível em:
<https://toolbox.biomimicry.org/>.
Acesso em: 10 set. 2021

Nesta pesquisa, aplicou-se o método “*Biomimicry Design Spiral*” com pequenas alterações necessárias para o desenvolvimento desta, considerando o caráter de especulação, e não de criação de uma solução, entre paralelos existentes nos sistemas naturais encontrados na região das florestas alagadas da Amazônia e o modo de morar ribeirinho amazônico. Segundo o site Biomimicry Toolbox (2021), o método é composto por seis etapas:

- Etapa “definir”: nesta etapa define-se o desafio que será enfrentado, considerando possíveis impactos e contexto atual do meio em que o desafio se localiza. Assim sendo, pretendeu-se averiguar paralelos entre a vegetação local da floresta de várzea do Rio Solimões e as casas em palafitas e flutuantes, considerando o contexto histórico.
- Etapa “biologizar”: observam-se as funções essenciais que a solução precisa responder em expressões biológicas, questionando-se como a natureza responde a estas funções essenciais. A questão proposta resultou em como a natureza respondia à sobrevivência das espécies de flora em um local híbrido e extremo, especificamente a região de floresta de várzea amazônica.
- Etapa “descobrir”: analisam-se modelos vegetais que possuem estratégias biológicas que atendem as funções essenciais requeridas. Isto posto,

consultou-se a vegetação local e sistemas naturais que sobrevivem a solos instáveis, onde a vitória-régia (*Victoria amazônica*) e mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), que sobrevivem a meios extremos por sua morfologia.

- Etapa “abstrair”: as estratégias biológicas utilizadas pelos modelos vegetais estudados são extraídas para que as características essenciais sejam concentradas tornando-se estratégias projetuais. Reiterando-se o caráter de especulação de primeiras analogias e estudos iniciais, nesta etapa foram empregados esboços para a compreensão do funcionamento dos modelos vegetais, limitando-se a esta etapa, sendo necessário futuras pesquisas para a continuidade das etapas propostas pelo método adotado.
- Etapa “emular”: compreendem-se padrões, desenvolvem-se conceitos de soluções baseadas nas estratégias definidas na etapa anterior.
- Etapa “avaliar”: as soluções concebidas são avaliadas para ser mensurada a eficiência do produto, possibilitando o retorno aos passos anteriores para revisões necessárias.

2.3 Contexto Histórico

Muitos consideram que a Amazônia pré-colombiana não possuía desenvolvimento social e econômico quando comparado com outras civilizações pré-históricas por falta de artefatos. Porém, como resultado de novos estudos e achados, há uma nova visão sobre as ocupações indígenas na Amazônia pré-colombiana (ROOSEVELT, 2002).

Estes estudos indicam haver um desenvolvimento complexo indígena na Amazônia. No final do Pleistoceno, como povos nômades, coletores e caçadores; tanto nas áreas de várzea quando em terra firme. Durante o Holoceno, nas várzeas, deram início a produção de cerâmica e primeiros indícios de sedentarismo e adaptação para uma sociedade agrícola (ROOSEVELT, 2002), ou seja, baseada na plantação (em especial, a mandioca) e terras de cultivo, por exemplo, os achados de Terra Preta de Índio, solo altamente fértil por conta de seu acúmulo de material orgânico encontrado na região (IMAZON, 2015). E por fim, no período pré-histórico tardio, encontra-se uma sociedade amplamente complexa (ROOSEVELT, 2002), prova disso dá-se por conta dos vestígios de tesos e cerâmicas marajoaras e tapajônicas (IMAZON, 2015).

Com a chegada dos primeiros europeus à Amazônia, houve grande choque cultural e exploração do povo nativo. Os conquistadores e colonizadores europeus escravizaram e domesticaram os povos que ali residiram por serem considerados

primitivos em sua visão eurocêntrica em uma terra onde era considerada um paraíso terreno por seus potenciais econômicos existentes.

A história dos homens na Amazônia tem sido construída a partir de dois eixos norteadores, mas conflitantes: de um lado, a visão paradisíaca criada pela magia dos mitos da região e sobre a região; de outro, a violência cotidiana gestada pela permanente exploração da natureza e desencadeada pelos preconceitos em relação a ambos – homem e natureza. (LOUREIRO, 2002, p.109)

Houve também em dado período da história da ocupação europeia na Amazônia, a escravização de negros africanos trazidos pelos portugueses. Como Fraxe, Witkoski, Miguez (2009, p. 30) afirmam: “[...] a formação social amazônica foi fundamentada historicamente em tipos variados de escravismo e servidão”.

Durante o ciclo da borracha, a partir do século XIX e novamente no governo Getúlio Vargas, nas campanhas “Marcha para o Oeste” e “Novo Eldorado”, houve uma massiva migração, especialmente de nordestinos, para a Amazônia, com objetivo de obter retorno financeiro na extração de borracha (IMAZON, 2015). Violeta Refkalefsky Loureiro (2002) afirma que, a Amazônia, durante estes períodos, foi:

A maior produtora e exportadora de borracha, tornando-se uma das regiões mais rentáveis do mundo, numa certa fase. Na Segunda Guerra Mundial, fez um monumental esforço para produzir borracha para as tropas e equipamentos dos Aliados. (LOUREIRO, 2002, p.116)

Portanto, diante deste contexto histórico, é possível entender que os povos ribeirinhos amazônicos possuem em sua identidade, grande diversidade cultural, social e ambiental que devem ser consideradas quando se observado a arquitetura realizada por estes povos.

O homem amazônico é fruto da confluência de sujeitos sociais distintos – ameríndios da várzea e/ou terra firme, negros, nordestinos e europeus de diversas nacionalidades (portugueses, espanhóis, holandeses, franceses, etc) – que inauguram novas e singulares formas de organização social nos trópicos amazônicos. (FRAXE; WITKOSKI; MIGUEZ, 2009, p. 30)

No entanto, a influência gerada pela arquitetura indígena é de uma forma geral, muito mais próxima, visto que os ribeirinhos recorrem ao uso dos recursos encontrados nas florestas para a construção de suas habitações como os indígenas. As habitações indígenas refletem, portanto, essa interação entre homem e natureza, situação vivenciada também pelos ribeirinhos amazônicos.

A cultura indígena associa o espaço e a habitação em que ocupam como parte de um todo, ou seja, como uma interrelação; não há separação entre o ser humano, atividade humana e o meio ambiente; é possível observar que frequentemente há

reconhecimento de padrões naturais em objetos não naturais, como a habitação, que segundo os indígenas, podem ser associados com partes do corpo humano ou animal (OLIVEIRA, 2010).

Especificamente, há também os índios Kayapós que compreendem ser parte de um universo que trabalha com ciclos, sejam eles, o ciclo do tempo, das estações ou da atividade hidrográfica dos rios, e são os seres humanos que devem conduzir suas atividades acompanhando estes ciclos (OLIVEIRA, 2010). É correto afirmar, portanto, que tal qual o posicionamento da biomimética, os índios Kayapós não acreditam que a natureza está ao dispor do ser humano sendo apenas uma fonte de extração de recursos, mas que os seres humanos e a natureza fazem parte de um mesmo sistema.

Os caboclos ribeirinhos, da mesma forma que os povos indígenas, estão intrinsecamente ligados com um universo cíclico e foram necessárias observações do meio natural de sua posição geográfica para a sua adaptação.

A configuração do habitar nas áreas de floresta segue padrões estabelecidos pela própria natureza, em que muitos fatores fazem parte da realidade, como as condições climáticas, a relação com o rio e seu ciclo, a floresta, bem como toda a constituição cultural e visão de mundo do homem ribeirinho. (OLIVEIRA, 2010, p. 137)

O homem ribeirinho buscou na observação da natureza, soluções para as variações sazonais da floresta de várzea. Todavia, demonstrando certo distanciamento de sua herança cultural indígena, há uma tendência regional na substituição da cobertura presente na habitação tradicionalmente feita de palha de palmeira ou de coqueiro para telhas metálicas que não são as melhores soluções para proporcionar desejado conforto térmico, mas acabam gerando certo *status* de luxo para os residentes (OLIVEIRA, 2010).

Por este motivo, é tão importante que haja diálogo entre o conhecimento tradicional do ribeirinho, o conhecimento científico do pesquisador e o meio natural da floresta de várzea para o desenvolvimento eficaz da região (OLIVEIRA, 2010), compreendendo todas as problemáticas e soluções cabíveis, sem influências externas que não acrescentam a cultura local. À vista disso, é adequado afirmar que a metodologia biomimética, apesar de ser uma área da ciência contemporânea, pode acrescentar efetivamente na busca ao retorno do que há muito tempo os povos indígenas já praticavam: a aprendizagem provinda das soluções e estratégias da natureza. Como Benyus (1997, p.17) afirma: “de fazer parte, e não de estarmos a parte, da genialidade que nos rodeia”.

2.4 Palafitas

Os acessos por meio da mata dificultavam a ocupação humana na floresta, porém o rio facilitava essa locomoção por meio do uso de embarcações para sua subsistência, portanto, houve o estabelecimento desta população nas margens do rio Solimões. As soluções do modo de morar, resultantes da adaptação ao meio extremo que é a região de várzea amazônica com seus ciclos hidrológicos geraram duas tipologias de habitação: a casa sob palafitas e a casa flutuante. Construída sob pilares ou troncos, as casas palafíticas se localizam em encostas dos rios, regiões alagadiças onde em época de cheia há a elevação do nível do rio. Similarmente, há a casa flutuante, que possui maior dinamismo por não ter nenhuma relação com o solo, abrangendo todo o rio como possível local de implantação (OLIVEIRA JUNIOR, 2010).

A palafita é um sistema construtivo que consiste em um apoio de estacas ou pilares construídas sob as margens do rio.

As casas construídas sobre estacas de madeira, que sustentam a construção, recebem o nome de *palafitas*, formado pela junção das palavras latinas *pālus*, que significa *pau*, e *fictus*, que quer dizer *fincado*, *encravado*. Palafita é o nome desse tipo de construção sobre estacas na várzea dos rios e está longe de se referir apenas à ideia de paus fincados no chão, mergulhados na água. (LENCIONI; SAMPAIO, 2013, p. 51)

Para os esteios das casas palafíticas são usadas vigas de itaúba (*Mezilaurus itauba*) ou maçaranduba (*Manilkara sp.*) que possuem grande resistência e duração; para as divisórias internas é utilizado a paxiúba (*Iriartea exorriza*) e para subir as paredes há o uso do araracanga (*Aspidosperma desmanthum*) e o angelim (*Hymenolobium petraem*) de forma que permitam pequenos vãos entre as tábuas para ventilação. Já na cobertura, há duas soluções usualmente utilizadas: a tradicional feita de palha, onde se fazem tiras de folhas pregadas ou amarradas com cipó, arame sobre uma estrutura de madeira, onde estas tiras são justapostas, concebendo uma cobertura natural e eficientemente térmica por cerca de quatro anos; e a cobertura metálica que apesar de não ser a melhor escolha de material para o conforto térmico, gera certo *status* para os moradores da casa e por ser um material leve, facilita seu transporte (LENCIONI; SAMPAIO, 2013).

Geralmente utiliza-se cores fortes e vibrantes para a pintura da casa e algumas palafitas dispõem de varandas que possuem diversas funcionalidades como espaço para a rede e o varal de roupas, a socialização e o preparo de certos alimentos. Outra peculiaridade da casa palafítica encontra-se na resposta às cheias do rio, em que pode haver o alagamento desta, surgindo a necessidade de construir uma maromba, ou

seja, um piso novo que eleva o nível do piso antigo da casa; a maromba pode ser elevado até a cumeeira, que chega ao seu limite e se faz necessário a mudança da moradia e sua reconstrução em outro local (LENCIONI; SAMPAIO, 2013).

Figura 4: Casas sobre palafitas localizadas as margens do Rio Negro em Manaus - 2005



Fonte: Jair Antonio de Oliveira Junior (2010)

2.5 Habitações flutuantes

As habitações flutuantes tradicionais possuem um sistema de flutuação através de toras de madeira, geralmente da árvore assacú (*Hura crepitans*), habitualmente encontrada na região de várzea amazônica, entretanto, a excessiva extração desta madeira, tornou a procura custosa. Portanto, para construir novas habitações flutuantes utiliza-se do reuso da madeira do assacuzeiro, que possui alta resistência e durabilidade (OLIVEIRA, JUNIOR, 2010).

Figura 5: Habitações flutuantes do Rio Negro



Fonte: Jair Antonio de Oliveira Junior (2010)

A estrutura que permite a flutuação da habitação flutuante consiste em toras de madeira posicionadas horizontalmente e sobre elas três sistemas de vigas de madeira. O primeiro sistema de vigas de madeira tem como principal função a fixação das toras, unindo-as; o segundo sistema é instalado transversalmente ao primeiro sistema, onde assume o papel de base para a colocação de caibros e acabamento lateral; e por fim, o terceiro sistema que consiste no suporte do piso, feito por tablados de pranchas de madeira (OLIVEIRA JUNIOR, 2010).

Figura 6: Montagem da base de uma habitação flutuante como sistema de flutuação a partir de toras de assacú – Sistema de montagem de vigas



Fonte: Sergio Lima

2.6 Sistema Natural

A Floresta Amazônica é composta, de forma geral, por três categorias de matas: matas de terra firme, matas de várzea e matas de igapó. As matas de terra firme estão localizadas na parte mais alta da floresta, onde não há ocorrência de inundações; as matas de igapós situam-se na parte mais baixa da floresta e permanecem inundadas a maior parte do tempo e por fim, as matas de várzea, que estão no intermédio entre as matas de terra firme e as matas de igapó, onde ocorre inundações periodicamente (LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2013). No entanto, deve-se afirmar que o foco desta pesquisa se limita a entender a região de várzea do rio Solimões-Amazonas.

Figura 7: Ilustração dos diferentes tipos de matas encontradas na Floresta Amazônica

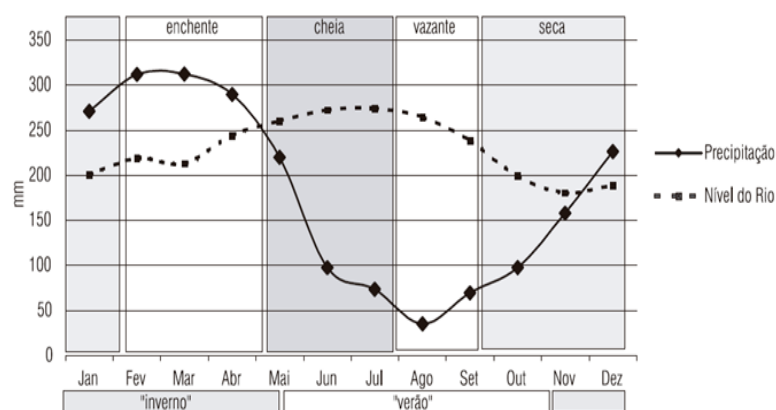


Fonte: Jornalista Patrícia Kalil; Ilustrador Tom Bojarczuk. Disponível em: <https://arvoresertecnologico.tumblr.com/>. Acesso em: 10 set. 2021.

A dinâmica existente nos períodos hidrológicos das áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas determina os ciclos de vida da fauna e flora local, o que condiciona diretamente o sustento do ribeirinho amazônico. Esta população, portanto, teve a necessidade de empregar meios de adaptação para sobreviver a um ambiente hostil e extremamente dinâmico diante da enchente, cheia, vazante e seca presentes na região (FRAXE; PEREIRA; WITKOSKI, 2007).

Entre quatro e cinco meses, a região encontra-se alagada, porém, em dado momento do ano, esta mesma região integra-se ao meio terrestre, como define Fraxe, Pereira, Witkoski (2007, p.15): “Estas inundações periódicas fazem da várzea uma paisagem ‘anfíbia’”. E, conforme o calendário agrícola, esta dinâmica hidrográfica é compreendida através de dois regimes distintos que não são síncronos: o regime fluvial, onde são quatro períodos: enchente, cheia, vazante e seca; e o regime pluvial, subdivididos entre “inverno” e “verão” (FRAXE, PEREIRA, WITKOSKI, 2007).

Figura 8: Estações climáticas em áreas de várzea na Amazônia



Fonte: Acervo Instituto Piatam (2007)

A enchente é parte do ciclo hidrológico em que há a elevação do nível do rio, que correspondem aos meses de fevereiro, março e abril. Este período tem como características chuvas frequentes e está sob o regime local “inverno”, que possui de modo geral, precipitações em torno de 250mm mensais, sol ameno e perda de água do solo para atmosfera. Durante a cheia, entre os meses de maio, junho e julho, as áreas cultiváveis estão alagadas, o que faz com que haja uma maior restrição de alimentos provindos da terra, sendo necessário seu armazenamento (FRAXE, PEREIRA, WITKOSKI, 2007).

Agosto inicia-se o período de vazante, onde o nível do rio decai. A vazante em comparação a enchente, é mais rápida. De acordo com Sternberg (1998, apud FRAXE, PEREIRA, WITKOSKI, 2007, p.16), “o nível das águas leva cerca de oito meses para atingir o auge, e vazam em apenas quatro”. E por fim, a seca, que se

passa entre outubro, novembro e dezembro. Este período tem como características o menor nível do rio, menos chuvas e maior exposição ao Sol, localmente este ciclo está considerado na subdivisão “verão”. Nesta fase, há um período de abundância, onde o ribeirão amazônico tem de volta as áreas cultiváveis e prepara-se o solo para plantar, a prática e pecuária é intensificada (FRAXE, PEREIRA, WITKOSKI, 2007).

Desse modo, como declara Bittencourt e Amadio (2007, p. 306), “[...] essa variação de nível de água é um acontecimento previsível para os organismos que vivem nas várzeas, que sincronizam os eventos de seu ciclo biológico para aproveitar os benefícios e/ou suportar as desvantagens decorrentes das mudanças do meio”, pode-se afirmar que o ribeirão, sabendo sua posição perante a natureza, adaptou seu modo de morar, a agricultura, a coleta, a caça, a pesca, a comercialização e os hábitos em geral, para que haver independente do período em questão, cheia ou seca.

Este contexto local que condiciona ao modo de viver híbrido, permite muitas possibilidades quando o assunto é arquitetura biomimética e possíveis aprimoramentos no modo de morar já estabelecido. Com a observação do sistema natural local, que de fato, também se adaptou ao meio por milhares de anos, há grandes possibilidades de maior integração homem-natureza, melhores soluções bioclimáticas e o retorno a valorização da cultura local.

2.7 Vegetação Local

Como recurso de identificação da vegetação local, necessária para uma seleção pertinente em busca de especulações e analogias com a arquitetura ribeirinha, utilizou-se a pesquisa realizada por Braga et al. (2011) por meio do Instituto Piatam, que desenvolveu um estudo de reconhecimento da vegetação na área de influência do gasoduto Coari-Manaus, que corresponde ao trecho fluvial do Rio Solimões que percorre as cidades de Manaus e Coari, região esta que condiz com o recorte desta iniciação científica.

Os elementos naturais sugeridos localizam-se na região de Floresta Ombrófila Densa Aluvial e das Terras Baixas, a floresta de várzea, que tem como características a presença mediana de biomassa, raízes tabulares ou pneumatóforos, árvores de porte pequeno a médio e uma madeira mais mole. Por ser um local de flutuação do nível dos rios, as espécies adaptaram-se ecologicamente, fisiologicamente e morfologicamente para poderem sobreviver a este regime (BRAGA et al., 2011).

Segundo Braga et al. (2011), algumas das espécies encontradas na Floresta de Várzea são: *Cecropia* sp. (*Cecropiaceae*, “Imbaúba”); *Astrocarium jauari* Mart.,

("Jauari"); *Bactris maraja* Mart. ("Marajá"); *Euterpe oleracea* Mart. ("Açaí"); a família *Arecaceae* ("Palmeiras"); *Pseudobombax munguba* (Mart. et Zucc.) Dugand (*Bombacaceae*, "Munguba"); *Montrichardia arborescens* Schott (*Araceae*, "Aninga") e *Ceiba pectandra* Gaertn (*Bombacaceae*, "Sumaúma"). Acerca das macrófitas aquáticas, há a presença das seguintes espécies:

Alchornea crassipes Solms (*Pontederiaceae*, "Mureru"); *Echinochloa polystachya* (Kunth.) Hitchc. (*Poaceae*, "Canarana"); *Paspalum repens* P. J. Bergius e *P. fasciculatum* Wild et Flüggé (*Poaceae*, "Capim Membeca"); *Utricularia* sp. (*Lentibulariaceae*); *Pistia stratiotes* L. (*Araceae*, "Alface d'água"); *Victoria amazonica* (Poepp.) J. E. Sowerby (*Nymphaeaceae*, "Vitória Régia"); *Lemna* spp., (*Lemnaceae*, "lentilha d'água"); *Ludwigia* sp. (*Onagraceae*), *Salvinia auriculata* Aubl. (*Salviniaceae*, "Samambaia Aquática"); *Ceratopteris pteroides* (Hook.) Hieron. e *C. cornuta* (P. Beauv) Lepr., (*Pteridophyta*, "Samambaias aquáticas"). (BRAGA et al., p. 41, 2011)

Em conclusão, para fins de estudos iniciais de especulações e analogias vegetais com a arquitetura ribeirinha, as espécies citadas foram pesquisadas no site Ask Nature, cujo foco é ser uma ferramenta de busca para o desenvolvimento de soluções biomiméticas através de um acervo de informações sobre espécies vegetais e animais de diversos pesquisadores com foco no biomimetismo. Perante o conteúdo disponível no site Ask Nature, a espécie vitória-régia (*Victoria amazônica*) e o mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) foram selecionadas para primeiras especulações e analogias, apesar do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) não estar presente na lista de espécies vegetais encontradas na pesquisa realizada pelo Instituto Piatam.

2.8 Analogias Iniciais (*Rhizophora mangle*)

A espécie do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) está presente em manguezais, que segundo o site World Wide Fund for Nature Brasil (WWF-Brasil) é "uma formação vegetal de regiões alagadiças e ocorre apenas em regiões tropicais ou subtropicais no encontro entre o rio e o mar. É facilmente reconhecido pelas árvores com raízes expostas e solo lamacento". Por este contexto natural, as raízes da espécie do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) não sobreviveriam com as mesmas estratégias que árvores que crescem em terra desenvolveram; à vista disso, o mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) adaptou-se por meio das raízes escoras.

Em síntese, o mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) depende do caule rizóforo, palafitas especializadas na sustentação da planta em um solo inconstante. Entretanto, é importante destacar que esta estrutura vegetal é mais eficaz no propósito do que as estruturas executadas pelo ser humano, já que seu caule rizóforo se ramifica até seis vezes em diferentes direções antes de adentrar no solo; além disso, novos caules rizóforos são produzidos à mesma proporção do crescimento do mangue,

respondendo às mudanças de sua implantação, crescendo para a melhor luz, por exemplo (ASK NATURE, 2020).

O aprofundamento sobre as estratégias biológicas que a espécie do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) adotou em seu *habitat*, apesar de serem ecossistemas diferentes quando comparado a várzea do Rio Solimões, tem grandes possibilidades de serem úteis na aplicação em casas palafíticas, que igualmente recorrem ao uso de estacas para sua sustentação elevada. A geometria dos contraventamentos resultantes das raízes escoras podem ser investigados para uma melhor estabilidade das casas palafíticas, sem a necessidade de excesso de estacas para esta finalidade; e por fim, a necessidade de construção de marombas em época de cheias nestas habitações, podem ser repensadas quando observado a dinâmica que os mangues-vermelhos (*Rhizophora mangle*) adotam perante seu crescimento, onde os novos caules que surgem, adapta-se a melhor condição do meio em que se localiza; isto sugere uma categoria de palafita flexível que responde à dinâmica de cheias e vazantes.

Figura 9: estudos iniciais em aquarela do mangue vermelho (*Rhizophora mangle*)



Fonte: Autoral (2021)

2.9 Analogias Iniciais (*Victoria amazonica*)

A vitória-régia (*Victoria amazonica*), listada na pesquisa de vegetações encontradas na floresta de várzea do Instituto Piatam, possui aspectos estruturais interessantes quando se observa o lado inferior nervurado desta espécie, que fornece suporte estrutural para a flutuação e sustentação de pequenas cargas. A vitória-régia (*Victoria amazonica*) é um dos exemplos mais descomuns, espécie de macrófita aquática com folhas flutuantes, pode crescer até alguns metros de largura; isto ocorre dado que, quanto maior a superfície da folha, maior absorção solar para fotossíntese,

permitindo competir espaço na superfície da água mais agressivamente com outras plantas (ASK NATURE, 2020).

No entanto, por conta dessa enorme superfície, há certa dificuldade na sua sustentação e flutuação. Face a esta situação, a vitória régia (*Victoria amazônica*) adotou uma estratégia biológica na parte inferior da folha, mantendo-se flutuando e suportando até 70 libras, o que equivale cerca de 30 quilos. Esta face inferior contém uma estrutura vegetal de suporte nervurada, consistindo em uma espécie de coluna vertebral que corre por toda a extensão da folha, de onde derivam nervuras adicionais que se espalham progressivamente por toda a folha, em um padrão de teia radial, diminuindo sua espessura na direção das bordas. Estas nervuras são estruturas planas, que remetem paredes sendo preenchidas com ar, reduzindo o peso total deste sistema estrutural vegetal, colaborando para manter a flutuação da folha (ASK NATURE, 2020).

Sob o mesmo *habitat*, os povos ribeirinhos amazônicos adaptaram-se a dinâmica dos rios, uma das estratégias de adaptação, a habitação flutuante, que poderiam ser aprimoradas por meio da observação do método biológico que a vitória-régia (*Victoria amazônica*) adotou. Será necessária uma pesquisa mais aprofundada sobre a tática envolvida nesta espécie e testes de sustentação e flutuação para a compreensão do nível de aplicabilidade em habitações flutuantes das margens do Rio Solimões. No momento, cabe afirmar haver conteúdo e possibilidades a serem estudados nos potenciais existentes nesta analogia.

Figura 10: estudos iniciais em aquarela da vitória-régia (*Victoria amazônica*)



Fonte: Autoral (2021)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa com intenção de relacionar biomimética e arquitetura ribeirinha amazônica, buscou compreender inicialmente o método biomimético e suas aplicações práticas. Posteriormente, estudou-se os contextos envolvidos na arquitetura ribeirinha, contextualizado por histórico, cultural, natural (vegetação local);

para que este embasamento permitisse um entendimento das possibilidades e especulações além de primeiras analogias. Uma das possibilidades de abordagem é a observação de sistemas naturais, como as raízes aéreas nativas do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), que podemos relacionar com as casas palafitas, que deixam a edificação acima do nível das águas. Outra questão que se pode observar são as vitória-régia (*Victoria amazônica*), que flutuam, adaptando-se ao nível das águas a qualquer momento do ciclo hidrológico. Entre outros sistemas que possuem vasta possibilidade de pesquisa, apontando para um campo de estudos favorável. Contudo, o volume de informações e pesquisa de campo, aponta para que o estudo seja aprimorado em futuras observações, continuado o aprofundamento para maior amplitude da pesquisa.

4. REFERÊNCIAS

AKATU. **Dia da Sobrecarga da Terra: um novo normal não tão novo assim.** Disponível em: <https://akatu.org.br/dia-da-sobrecarga-da-terra-2021/> . Acesso em: 10 set. 2021.

ASK NATURE. **Buttresses of red mangrove improve stability.** Disponível em: <https://asknature.org/strategy/buttresses-of-red-mangrove-improve-stability/>. Acesso em: 10 set. 2021.

ASK NATURE. **Passively cooled building inspired by termite mounds.** Disponível em: <https://asknature.org/innovation/passively-cooled-building-inspired-by-termite-mounds/>. Acesso em: 10 set. 2021.

ASK NATURE. **Ribbed structure provides support.** Disponível em: <https://asknature.org/strategy/ribbed-structure-provides-support/>. Acesso em: 10 set. 2021.

BENYUS, Janine M.. **Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza.** 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1997. p. 9-302.

BIOMIMICRY INSTITUTE. **The power of the Biomimicry Design Spiral.** Disponível em: <https://biomimicry.org/biomimicry-design-spiral/>. Acesso em: 10 set. 2021.

BITTENCOURT, Maria Mercedes; AMADIO, Sidinéia Aparecida. **Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus.** Acta Amazonica, v.37, n. 2, p. 303-308, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/csNysKwCPhtHkfTLMzCMjRs/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

BRAGA, P. I. S. et al. **A vegetação das comunidades da área de influência do Projeto Piatam e do Gasoduto Coari-Manaus.** 1 ed. Manaus: Reggo, 2011, p. 1-160.

CHALLONER, Jack. **1001 invenções que mudaram o mundo.** 1. ed. [S.I.]: Sextante, 2014. p. 1-960.

FRAXE, T. D. J. P; PEREIRA, H. D. S; WITKOSKI, Antônio Carlos. **Comunidades ribeirinhas amazônicas: Modos de vida e uso dos recursos naturais**. 1. ed. Manaus: Edua, 2007. p. 1-224.

FRAXE, T. D. J. P; WITKOSKI, Antônio Carlos; MIGUEZ, Samia Feitosa. **O ser da Amazônia: Identidade e invisibilidade**. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 61, n. 3, p. 30-32, 2009. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252009000300012. Acesso em: 10 set. 2021.

GCP ARQUITETURA E URBANISMO. **Votu Hotel**. Disponível em: <http://www.gcp.arq.br/projetos/votu-hotel/>. Acesso em: 10 set. 2021.

IMAZON. **A floresta habitada: História da ocupação humana na Amazônia**. Disponível em: <https://imazon.org.br/a-floresta-habitada-historia-da-ocupacao-humana-na-amazonia/>. Acesso em: 10 set. 2021.

LINHARES, Sergio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia Hoje 2: Os seres vivos**. 2. ed. São Paulo: Atica, 2013. p. 1-432.

LOUREIRO, V. R. (2002). **Amazônia: uma história de perdas e danos, um futuro a (re)construir**. *Estudos Avançados*, 16 (45), 107-121. Recuperado de <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9872>.

MICK PEARCE. **Eastgate**. Disponível em: <http://www.mickpearce.com/Eastgate.html>. Acesso em: 10 set. 2021.

OLIVEIRA JUNIOR, Jair Antônio de. **Arquitetura Ribeirinha sobre as águas da Amazônia: o habitat em ambientes complexos**. 2009. 204 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Design e Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo

ROOSEVELT, A.C. **Arqueologia Amazônica**. In: CUNHA, M.C., org. História dos índios no Brasil. São Paulo, Cia. das Letras, 2002. p.53-86.

SAMPAIO, M. R. A. D; LENCIONI, Sandra. **Casas do Brasil 2013: Habitação Ribeirinha na Amazônia**. 5. ed. São Paulo: Museu da Casa Brasileira, 2013. p. 1-172.

TOOLBOX BIOMIMICRY. **Function and Strategy**. Disponível em: <https://toolbox.biomimicry.org/core-concepts/function-and-strategy/>. Acesso em: 10 set. 2021.

WWF BRASIL. **Mangue**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/programa_marinho/mangues/. Acesso em: 10 set. 2021.

Contatos: camilamonica.silva@mackenzista.com.br e jair.oliveira@mackenzie.br