

Sessão de cocriação: para repensar o elemento construtivo Cobogó por inspiração biológica

Session co-creation: to rethink the constructive element Cobogó by biological inspiration

Tarciana Andrade, Mestre em Design na Universidade Federal de Pernambuco

andrade.tarci@gmail.com

Amilton Arruda, Ph.D. em Design no Politécnico de Milão

amilton.arruda@ufpe.br

Rodrigo Araújo, Mestre em Design na Universidade Federal de Pernambuco

rodrigobarbosadesigner@gmail.com

Marcelo Vicente, Mestre em Design na Universidade Federal de Pernambuco

mvmarcelovicente@gmail.com

Resumo

O trabalho apresenta os resultados da sessão de cocriação virtual, realizada durante etapa de abstração de biomimética, com participantes multidisciplinares, para propor conceitos ao desenvolvimento de cobogó adaptável a diferentes condições climáticas, a partir da analogia com a *Ammophila arenaria*. O cobogó é um elemento vazado, símbolo da arquitetura moderna brasileira, cuja ontologia consiste em promover ventilação, iluminação, proteção solar e privacidade. Para esta pesquisa qualitativa, foi utilizado o método de *focus group* e do *Design Sprint*, como abordagem para coleta dos dados; e a Análise Temática para codificar e interpretar os resultados. Como resultado, cinco temáticas foram identificadas: (a) Desafio para o projeto; (b) Parâmetros climáticos para controle na Fachada; (c) Abstração do organismo biológico: *Ammophila arenaria*; (d) Oportunidades conceituais, e (e) Materiais com comportamento e responsivos. Assim, as temáticas visam contribuir com conceitos que possam nortear o futuro desenvolvimento dos cobogós responsivos em prol da sustentabilidade das edificações.

Palavras-chave: Biomimética e Design; Abstração; Sessão de Cocriação; *Ammophila arenaria*; Cobogó responsivo.

Abstract

The work presents the results of the virtual co-creation session, held during a biomimetic abstraction stage, with multidisciplinary participants, to propose concepts for the development of cobogó adaptable to different climatic conditions, based on the analogy with Ammophila arenaria. Cobogó is a breeze block, a symbol of modern Brazilian architecture, whose ontology consists of promoting ventilation, lighting, sun protection and privacy. For this qualitative research, the method of focus group and Design Sprint was used as an approach to data collection; and Thematic Analysis to code

and interpret the results. As a result, five themes were identified: (a) Challenge for the project; (b) Climatic parameters for control on the Facade; (c) Abstraction of the organism: *Ammophila arenaria*; (d) Conceptual opportunities, and (e) Behavioral and responsive materials. Thus, the themes aim to contribute with concepts that can guide the future development of responsive cobogós in favor of sustainability of buildings.

Keywords: *Biomimetic and Design; Abstraction; Co-creation session; Ammophila arenaria; Responsive Breeze Block (Cobogó)*

1. Introdução

O desenvolvimento sustentável urge por mudanças no estilo de vida atual, de um modo não impositivo, mas que modifique o modo de produção e promova o consumo consciente, em que o indivíduo considera a relação local e global, e os impactos das suas ações (GUMUCHDJIAN e RICHARD, 2011). O relatório das Nações Unidas, produzido pela *Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC* (2018), alerta para a necessidade de limitar o aquecimento global, à temperatura média global de 1,5°C, nos próximos 12 anos. Entre as recomendações suscitadas pelo relatório está a necessidade de redução da emissão do CO₂ (um dos principais causadores do efeito estufa), como também, a busca pela redução do consumo desenfreado dos recursos naturais e do consumo energético, como também, ampliação do uso de energia renovável (IPCC, 2018).

Projetos inspirados na natureza otimizando o desempenho do consumo energético e da sustentabilidade têm validado e intensificado o recurso à biomimética como abordagem à solução dos problemas de design e arquitetura (GRUBER e GOSZTONYI, 2010), pois propõem o desenvolvimento inovador, bioinspirado e ambientalmente responsivo (BENYUS 2012) e unem tais conhecimentos à pesquisa de materiais e design digital (FIORITO *et al.* 2016). Estes projetos utilizam analogias a sistemas biológicos que possuem capacidade de resposta no próprio material (FIORITO *et al.* 2016), buscam conciliar a redução dos sistemas mecânicos e do consumo energético, e ampliar a capacidade de resposta às condições ambientais. No campo da biônica e biomimética, a analogia é um processo cognitivo de interpretação de referências da natureza, transferindo informações destas para o mundo artificial, de modo a criar artefatos com características formais, funcionais, materiais e evolutivas (ARRUDA 2018). Portanto, o que vale para os sistemas naturais deve apresentar correspondência em sistemas artificiais análogos. O essencial é entender, captar o princípio para qual uma determinada coisa acontece na natureza, e daí aplicar para um novo conhecimento (ARRUDA, 2018; pg. 5).

Este trabalho corresponde ao desdobramento do doutorado de design em andamento, e objetiva desenvolver a Sessão de Cocriação (SC), para repensar o cobogó, tornando-o adaptável a diferentes condições climáticas, a partir da analogia na *Ammophila arenaria*. A realização da SC adaptou a metodologia utilizada, normalmente presencial, para sessão virtual, devido a situação pandêmica de COVID-19. O cobogó consiste em elemento vazado “[...] pré-fabricado, próprio de ser construído em série, baseado na vazadura de uma retícula modular sobre uma placa prismática de concreto” (VIEIRA *et al.*, 2013, p. 32), que teve seu processo produtivo patenteado em 1929, em Recife-PE (VIEIRA, *et al.*, 2013). A função deste elemento é ventilar e iluminar, filtrar a incidência de luz solar e promover a privacidade

no interior dos ambientes (Camacho *et al.*, 2018). Versões similares de cobogó podem ser encontradas em diferentes partes do mundo, sob distintos processos produtivos e nomenclaturas (MARSHALL, 2019).

Chergui (et al, 2017) apontam que a gramínea *Ammophila arenaria*, por sua vez, apresenta sofisticada adaptação ao estresse hídrico e salino, capaz de desencadear o movimento reversível da folha. Se fecha sobre si mesma para reduzir a interceptação da luz e desidratação foliar (movimento hidronástico) (KADIOGLU *et al.*, 2012), que corresponde a uma das diferentes tipologias de movimento nástico das plantas. Identificamos a *A. arenaria*, a partir de contato com biólogos e revisão sistemática de literatura sobre movimento nástico (ANDRADE *et al.* 2020), que correspondem às reações cinéticas em resposta a estímulos ambientais, que geram respostas independentes da direção dos estímulos (FIORITO *et al.* 2016). A profusão da *A. arenaria* ao longo da costa litorânea da Europa Ocidental e norte da África é notável, e demonstra a alta relevância deste organismo para a fixação das dunas costeiras (CHERGUI, *et al.* 2017). Esperamos poder gerar conceitos projetuais para futuramente desenvolver um módulo de fachada adaptável a diferentes climas, o cobogó responsivo, por analogia com a *Ammophila arenaria*, pelo uso intensivo de design digital e em prol da sustentabilidade das edificações.

2. Pesquisa de design e métodos

O estudo corresponde à etapa de abstração da abordagem metodológica de biomimética baseada em problema (BADARNAH e KADRI 2015; OLIVEIRA 2019). Utilizamos o método proposto por López *et al.* (2017), que estuda as plantas em nível macro e microescala, com ênfase na relação entre a natureza e o clima, através de duas fases: (1) identificar na natureza estratégias e mecanismos adaptativos em diferentes climas, categorizando e organizando um levantamento baseado na morfologia, fisiologia e comportamento; (2) desenvolver conceitos para o projeto de arquitetura, de forma a facilitar a transferência entre a informação biológica e a arquitetura. Este estudo trará aplicação prática, da segunda fase.

A aplicação da SC foi realizada em ambiente virtual e gerou uma ampla gama de conceitos, individualmente e em equipe multidisciplinar. Utilizamos *Focus Group* (FG) como método qualitativo de pesquisa para de coleta de dados, por múltiplos participantes, cuidadosamente recrutados, em sessão estruturada e moderada. O Objetivo do FG é realizar discussões direcionadas, coletar opiniões, sentimentos e atitudes, sobre um dado tema (MARTIN e HANINGTON 2012). Como estratégia, estabelecemos FG com base em métodos e ferramentas do *Design Sprint*, desenvolvidos pelo Google, visando a resolução de problemas de projeto, prototipagem e teste de ideias com os usuários, de modo rápido e eficaz, e com o mínimo de investimento possível (Google, n.d.). Optamos por utilizar o ‘*Design Sprint: Sketch Methods*’, para gerar ideias e cocriar conceitos projetuais, a fim de auxiliar o processo de abstração das estratégias do organismo da natureza. Utilizamos: problemas comparáveis, tomada de notas, *Crazy 8’s*, compartilhamento de ideias e esboço de solução.

Para a análise dos dados coletados, utilizamos o método qualitativo amplamente utilizado, a Análise Temática (AT). Utilizada para identificar temas e padrões de significado em um conjunto de dados em relação a uma questão de investigação (BRAUN e CLARKE, 2012).

Assim, definimos a seguinte questão para nortear o presente estudo, a saber: **como propor cobogó adaptável a diferentes climas, por meio da analogia com a *Ammophila arenaria*?** Posteriormente, analisamos os dados a partir da: (1) transcrição; (2) leitura e familiarização (com tomada de nota de itens de potencial interesse); (3) codificação da base de dados; (4) identificação de temas (bottom-up); e por fim, (5) escrita da análise (BRAUN e CLARKE, 2012).

3. Metodologia

A amostra não é probabilística. Recrutamos oito participantes com diferentes expertises, que integraram uma equipe multidisciplinar para a SC, dos quais: quatro arquitetos, dois designers, uma bióloga e um cientista da computação. Dos oito integrantes, cinco eram do gênero masculino e três do feminino (Tabela 1). Considerando o objetivo de repensar a aplicação do cobogó, para o contexto climática de Portugal, optamos por selecionar indivíduos que tivessem experiência com o clima brasileiro, de Portugal e outros países com clima com incidência de temperaturas mais frias que o nordeste brasileiro. Sendo assim, 87,5% dos indivíduos recrutados apresentam experiência em morar em Portugal e/ou residir por mais de um ano em países com clima mais rigoroso que Portugal.

Uma semana antes de acontecer o FG, divulgamos mural na plataforma do Padlet, com vários projetos de referência sobre fachadas responsivas, e informações sobre as estratégias morfológicas, fisiológicas e comportamentais do organismo de referência (a gramínea *Ammophila arenaria*), segundo Andrade *et al.* (2020) e López *et al.* (2017). Os participantes foram convidados antecipadamente a adicionar referências, comentários e informações no painel de referência compartilhado. O objetivo desta atividade consistia em fazê-los entrar e utilizar a plataforma do Padlet, e contextualizar a temática do FG. Essa dinâmica ocorreu sob uma estratégia de sala de aula invertida, para que os participantes estivessem cientes sobre a temática e objetivos da SC a ser desenvolvida.

ARQUITETA A	DESIGNER A
Doutoranda pela FAUL Gênero: Feminino Nacionalidade: Portuguesa Reside por mais de um ano no Brazil-CE	Doutor em Ricerca in Disegno Industriale - Ph.D pela Universidade Politécnico de Milão (2002) Gênero: Masculino Nacionalidade: Brasileira Residiu por mais de um ano na Itália e reside em Portugal
ARQUITETA B	DESIGNER B
Mestrando em Design pela UFPE Gênero: Masculino Nacionalidade: Brasileira Reside por três meses na Alemanha	Doutorando em Design na Universidade Federal de Pernambuco (PPGD/UFPE). Gênero: Masculino Nacionalidade: Brasileira Reside por mais de um ano em Portugal
ARQUITETA C	TECNÓLOGO A
Doutor em Urbanismo e Engenharia Arquitetônica + Tecnologia na TU Delft, Holanda, em 2012. Gênero: Masculino Nacionalidade: Portuguesa Reside em Portugal e residiu por mais de um ano na Holanda	Doutor em Ciência da Computação pelo Centro de Informática (CIn), UFPE Nacionalidade: Brasileira Residiu por quatro meses no Canadá
ARQUITETA D	BIÓLOGA A
Arquiteto Urbanista e UNG. Mestrando Stuttgart Gênero: Feminino Nacionalidade: Brasileira Reside por mais de um ano na Alemanha	Doutora em Ciências Biológicas, UFPE. Gênero: Feminino Nacionalidade: Brasileira Sempre residiu no Brasil

Tabela 1: Integrantes do FG. Fonte: autores.

A **Sessão de Cocriação** foi realizada, no dia 19 de agosto de 2020, com duração de duas horas e quarenta e oito minutos. Utilizamos a plataforma Zoom para a realização de vídeo conferência; o Padlet (plataforma para a criação de mural e para o desenvolvimento de trabalho colaborativo); e grupo no WhatsApp para partilhar rapidamente as imagens dos *sketchs*, com maior agilidade. Implementamos o FG de modo a estimular a interação interpessoal e liberdade de expressão de ideias, pois compreendemos que o processo de design possui uma abordagem de pensamento sistêmico e não linear, que admite retrocessos, realimentação de informações e feedbacks, para alcance de melhores resultados. Para tanto, estruturamos a sessão em três etapas, nomeadamente: (a) Problematização, análise de ideias similares e tendências; (b) Definição do organismo de referência e geração de ideias; e (c) Cocriação. A atividade de compartilhar ideias permeia todas as etapas de desenvolvimento, assim como a instrução para que os participantes tomem notas de ideias e realizem *sketchs*.

A primeira etapa do SC demonstrou e refletiu sobre a problemática da pesquisa, o objeto de estudo (elemento construtivo cobogó), e exemplos de fachadas responsiva. Esclareceu o ambiente climático de referência: Lisboa-PT (com clima temperado, influenciado pela corrente do Golfo, com diferentes condições climáticas ao longo do ano. Exemplificamos sucintamente soluções de fachada que não utilizam eletricidade, seja por materiais responsivos ou pelo uso de materiais inteligentes. Em seguida, convidamos os participantes a pesquisar individualmente projetos de referência sobre fachadas responsivas, e posteriormente compartilhar as referências com o grupo, a partir do desafio 1: **Procurar ideias/soluções de fachada que se adaptam a diferentes condições climáticas, sem o uso de eletricidade.**

ETAPA 1: Aquecimento: Problematização, análise de ideias similares e tendências

DESAFIO 1: Procurar individualmente ideias/soluções de fachada que se adaptam a diferentes condições climáticas, sem o uso de eletricidade

DESCRIÇÃO	TEMPO	MODO
<ul style="list-style-type: none"> Apresentação da problemática da investigação, do objeto de estudo: o elemento vazado cobogó. Apresentação sucinta de soluções de fachada que não utilizam eletricidade, seja pelo uso de materiais responsivos ou de materiais inteligentes 	10 min	Investigador
<ul style="list-style-type: none"> Realização do DESAFIO 1. Registro das referências das no painel do Padlet. 	12 min	Individual
<ul style="list-style-type: none"> Compartilhamento de ideias com todos os integrantes do FG: Cada integrante terá 3 minutos para compartilhar as referências com os participantes. 	24 min	Compartilhar

Tabela 2. Etapa 1, desafio, descrição do modo de desenvolvimento. Fonte: autores.

O painel de referências traz uma síntese das análises de similares e tendências. Identificamos exemplos de fachadas responsivas, inteligentes e bioinspiradas, e definimos cinco grupos principais de tendências, a saber: Fachadas responsivas; Bioinspirado; Materiais auxéticos; Fabricação digital; Sistemas estáticos ou manuais, e; Sistemas de vidros inteligentes. Ampla diversidade de abordagem de design, processos e tecnologias.



Imagem 1. Apresenta referências disponibilizadas durante a Etapa 1. Fonte: autores.

A segunda etapa corresponde à definição do organismo de referência e geração de ideias. Apresentamos gramínea *Ammophila arenaria* como organismo para bioinspiração.

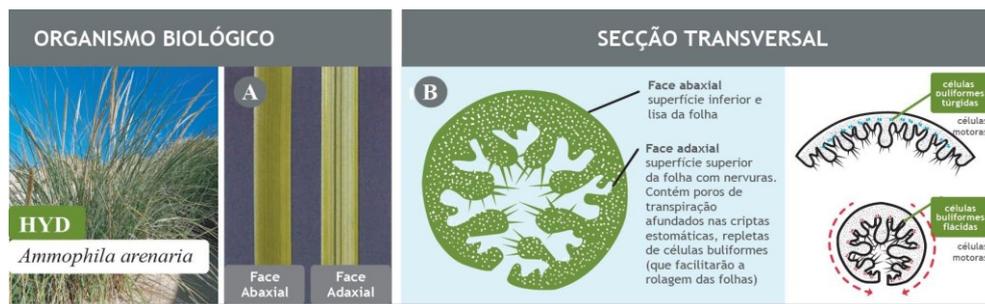


Imagem 2: Características da folha da *Ammophila arenaria*. Fonte: autores.

Esta etapa contou com a disponibilização de um novo desafio, a saber: **‘Como criar COBOGÓ que controla a ventilação por inspiração na *Ammophila arenaria* sem o uso da eletricidade?’**. Para desafiar os participantes a gerarem inovações e uma ampla variedade de soluções, utilizamos o método *CRAZY 8’s* para gerar 8 ideias distintas em 8 minutos. As ideias foram registradas em papel A4 dobrado em 8 partes. Procuramos ratificar que o papel poderia conter palavras escritas ou esboços, acolhendo as imperfeições dos esboços e estimulando, assim, a comunicação das ideias. Posteriormente, as ideias foram compartilhadas com todos os integrantes do FG, e instruímos os participantes para anotar as ideias promissoras (Tabela 3).

ETAPA 2: Definição do organismo de referência e geração de ideias

DESAFIO 2: Como criar COBOGÓ que controla a ventilação por inspiração na *Ammophila arenaria* sem o uso da eletricidade?

DESCRIÇÃO	TEMPO	MODO
<ul style="list-style-type: none"> Apresentação dos movimentos násticos e do organismo de referência a <i>Ammophila arenaria</i> 	5 min	Investigador
<ul style="list-style-type: none"> <i>CRAZY 8’s</i> - Esboçar 8 ideias distintas em 8 minutos, em papel A4 dobrado em 8 partes. Posteriormente compartilhar fotos dos sketches no grupo de WhatsApp. 	8 min	Individual
<ul style="list-style-type: none"> Compartilhamento de ideias com todos os integrantes do FG: cada integrante terá 5 minutos para compartilhar as referências com os participantes. 	40 min	Compartilhar

Tabela 3. Etapa 2, desafio, descrição do modo de desenvolvimento. Fonte: autores.

A terceira etapa, corresponde ao processo de cocriação, que contou com a divisão dos participantes em duplas e trios, segundo expertise dos participantes. Infelizmente a Arquiteta D não pôde participar desta etapa, e assim formamos duas duplas e um trio (Tabela 4).

EQUIPE A	EQUIPE B	EQUIPE A
ARQUITETA A DESIGNER A BIÓLOGA A	ARQUITETO B DESIGNER B	ARQUITETO C TECNÓLOGO A

Tabela 4. Duplas e trios para Etapa 4 de Cocriação. Fonte: autores.

Mantivemos o desafio da etapa dois para a terceira etapa. Criamos uma sala virtual no Zoom para cada equipe compartilhar ideias e informações. Salientamos que é normal esboçar uma nova ideia ou uma combinação de ideias. E que os sketches podem incluir as ideias de outras pessoas. Solicitamos como saída da etapa em questão, que as equipes apresentassem um(a): (a) Conceito; (b) Solução, e (c) O que a solução resolve (Tabela 5).

ETAPA 3: Cocriação

DESAFIO 2: Como criar COBOGÓ que controla a ventilação por inspiração na *Ammophila arenaria* sem o uso da eletricidade ?

DESCRIÇÃO	TEMPO	MODO
<ul style="list-style-type: none"> Cocriação - Escolher em equipe três ideias atraentes e esboçar possíveis soluções. Discutir e registrar informações em papel A4. 	25 min	Cocriação
<ul style="list-style-type: none"> Compartilhamento de ideias com todos os integrantes do FG: cada integrante terá 8 minutos para compartilhar as referências com os participantes. 	24 min	Duplas/Trio

Tabela 5. Etapa 3, desafio, descrição do modo de desenvolvimento. Fonte: autores.

4. Resultados

Após a realização da SC, realizamos a transcrição, codificação e análise dos dados. Identificamos cinco temas principais (Tabela 6). O primeiro tema, classificado como ‘**Desafio do Projeto**’, abordou a princípio a dificuldade de projetar solução responsiva para o contexto climático de Portugal que apresenta elevada variação na amplitude térmica (podendo chegar em 20° C em único dia), como também, forte incidência de vento.

ARQUITETA A: Em Portugal tu tens que responder a tanta coisa. [...] O nosso clima tem muitas, muitas variações para ter só uma solução. A solução tem que ser muito versátil para conseguir dar resposta ao nosso clima.

O segundo desafio buscou refletir sobre quais seriam os parâmetros climáticos que deveriam nortear a adaptabilidade do elemento responsivo. E como o elemento responsivo pode ajustar a relação entre diferentes parâmetros para controle de fachada? O terceiro e último desafio refere-se à identificação das propriedades e construção do material com atuação, para que seja possível o controle sobre seu processo de fabricação e comportamento responsivo.

TEMAS	CONCEITOS / ESTRATÉGIAS
1. Desafio do projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Clima de Portugal - O elemento responsivo deve responder a qual ou quais parâmetros climáticos? - Construir o comportamento com materiais que podemos ter o controle sobre seu fabrico e comportamento
2. Parâmetros climáticos para controle na Fachada	Temperatura / Ventilação / Umidade / Iluminação / Incidência solar (sombreamento) / Amplitude térmica / Ganho e perda de calor.
3. Abstração do organismo biológico <i>Ammophila arenaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Analogia com movimento de abertura e fechamento - Inspiração na secção transversal - Geometria longilínea da folha - Sulcos que percorrem todo o comprimento da folha - Minúsculos pêlos que protegem os estômatos (poros epidérmicos necessários para as trocas gasosas das plantas)

Tabela 6. Temas, subtemas e estratégias identificados. Fonte: autores.

O tema **‘Parâmetros climáticos para controle da fachada’**, que compreende o segundo tema da análise, o processo de identificação de parâmetros para equacionar a proteção da radiação solar e maximização da luz natural, ao mesmo tempo que permite o controle da ventilação, e ganho e perda de calor. Durante a Etapa 2, cerca de 63% dos participantes relataram explicitamente a umidade em seus depoimentos; seguido da ventilação; temperatura, incidência solar (cada um com 38%); e amplitude térmica (com 25%). Já na Etapa 3, percebemos o direcionamento dos depoimentos e dos conceitos projetuais para responder à temperatura, e a perda de força referente à umidade. Há uma preocupação em como controlar a ventilação para o contexto climático frio, de modo a permitir se ajustar pelo usuário. Os parâmetros identificados seguem listados por ordem de intensidade na análise qualitativa, a saber: temperatura, ventilação, umidade, iluminação, incidência solar (sombreamento), e ganho e perda de calor.

O tema **‘Abstração do organismo biológico: *Ammophila arenaria*’** identificou diferentes estratégias do organismo de referência. A mais pontuada, com cerca de 75%, foi o movimento da *A. arenaria*, de abertura e fechamento foliar. A inspiração na secção transversal, demonstrou 50% do interesse. Seguido de 38% da geometria longilínea; 13% na inspiração dos sulcos que percorrem todo o comprimento da folha, que garantem a osmorregulação e controle do movimento da lâmina foliar (CHERGUI *et al.*, 2017). E 13% fez referência aos minúsculos pêlos que protegem os estômatos (poros epidérmicos necessários para as trocas gasosas das plantas). A Etapa 3, no entanto, evidenciou que a proposição de soluções apenas contemplou a analogia com movimento de abertura e fechamento da planta de referência.

O quarto tema **‘Oportunidades conceituais’** corresponde a síntese dos dados coletados durante a Etapa 2 e Etapa 3, sendo subdividido em três subtemas, a saber: (a) Conceitos; (b) Macroestratégias para o desenvolvimento e (c) Estratégias paramétricas. A Tabela 7 demonstra síntese qualitativa dos conceitos e materiais abordados.

A temática material demonstrou atenção inicial à materiais e conceitos que exploravam o parâmetro umidade (como hidrogel, cortina líquida, cobogó imerso em hidrogel, ou ainda material com inteligência para hidratação). Menção à liga de memória de forma surge durante a Etapa 1 e 3. Ideias para pesquisa de material foram elucidadas a partir do tecido vegetal: vivo, morto, ou o desenvolvimento de compósito entre as duas tipologias, como:

BIÓLOGA A: “O fungo, ele é constituído por quitina, que é um carboidrato [...]. Carboidrato pode ser facilmente hidratado. [...]” Poderia utilizar esse carboidrato em associação às cianobactérias (que fazem a fotossíntese, e emite gases, como o metano para gerar energia).

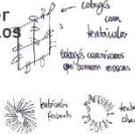
TEMAS	CONCEITOS / ESTRATÉGIAS
<p>4 - Oportunidades Conceituais</p> <p>A - FLAGELOS ATUADOS verticais - horizontais - trama</p>  <p>Esfíncter tentáculos</p>  <p>B - MOVIMENTO abrir e fechar</p>  <p>C - MÓDULOS LONGILÍNEOS atuados e não atuados</p>  <p>D - CORTINA LÍQUIDA</p>  <p>F - COBÓGÓ AMEBA</p>  <p>G - SUPORTE módulos responsivos</p>  <p>5 - Materiais com comportamento e responsivos</p>	<p>4.1 Conceitos</p> <p>A - Flagelos atuados, em distintas direções - Horizontal, vertical e em trama (como material com inteligência responsiva, por exemplo, por hidratação) / Quantidade de flagelos (maior quantidade de flagelos pode proporcionar que o conjunto destes criem microfissuras, e ampliam a área de abertura para responder às condições ambientais) / Cobogó em forma do tecido vegetal, com prolongamentos, para facilitar a abertura e o fechamento do cobogó (como: estrutura esfíncter; cobogó carnívoro) / Flagelo com vazamentos internos / Tentáculos e flagelos que pode ser modularizados / Pretzel e as formas como eles se doblam e se misturem e se emaranham.</p> <p>B - Movimento de abertura e fechamento - Telha móvel / Membrana que se deforma como a folha da A. arenaria a depender da quantidade de umidade ou temperatura, e veda o cobogó / Inspiração na modularidade do cobogó / Geometria para abrir e fechar (Hélice rotatória (ventilação) / associar o voronoi com placa que possa abrir e fechar) / Instalação dos módulos a partir de cabos de suporte ou pontos fixos para fixar os elementos responsivos (Ex: vertical e transversal)).</p> <p>C - Módulos longilíneos com comportamento - Intercalamento entre os módulos / Módulos menores e alongados na posição vertical, horizontal ou sb volumetria complexa de fachada / Composição de módulos atuados e não atuados / Jogo entre Côncavo e Convexo dos elementos modulares em direções intercaladas.</p> <p>D - Reação química para adaptar a diferentes condições climáticas - Elemento interno ao cobogó e flexível para controle - Estrutura pneumática. Exemplo: Cortina líquida ou fluída - movimento de líquido ou gasoso no interior do elemento para arrefecer o ambiente / Cobogó imerso de hidrogel - aumento diminuição da parte vazada).</p> <p>F - Cobogó ameba - Inspiração na secção transversal da A. arenaria. O módulo não tem forma, mas ele se adapta ao momento, ao envoltório. Construir respeitando a forma do tecido vegetal / Cobogó em forma do tecido vegetal circular com sulcos, que propiciam uma melhor retenção de água.</p> <p>E - Diferentes padrões de abertura dos módulos, para otimizar sombreamento, pela análise do deslocamento solar / desenvolvimento de algoritmo paramétrico e material de tecido vegetal morto (micélio) ou vivo (cianobactérias).</p> <p>F - Responsivo pela energia cinética, energia térmica ou energia solar - Movimento cria energia para acionar os mecanismos. Mecanismo atuador ventoinha (Eixo de rotação / hélice ou geometria para proporcionar ventilação). Energia Solar / Energia térmica ou placa fotovoltaica (placas nano fotovoltaicas entre o vidro) / Movimento cinético (movimento acende a luz, sem eletricidade) / Elemento responsivo que gera energia para a construção</p> <p>G - Outros: Cobogó como elemento estrutural para construção civil / Descascar banana - como se os flagelos abrissem e fechassem o prédio ou cobogó. Sistema para fixar módulos responsivo (pontos fixos ou eixos), na horizontal, vertical ou sob volumetria construtiva complexa (EX.: fixar nas extremidades, de cabos de aços)..</p> <p>4.2 Macro estratégias para o desenvolvimento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modularidade (elementos unitários padrão); - Células autônomas (elementos responsivos que respondem individualmente as condições do clima); - Considerar também o controle manual pelo usuário (Passivo) para ajustar às condições climáticas - Reduzir a escala das soluções, para otimizar a resposta cinética e controle; - Solução com a estação fria e a estação quente - compatibilizar com o vidro; - Espessura grossa da parede. <p>4.3 Estratégia paramétrica - Design gerativo - definição de parâmetros; restrições (como eixos, ou pontos fixos) e definição algorítmica.</p> <p>5.1 Materiais com comportamento</p> <p>A - Resposta à Umidade - Hidrogel / Reações químicas, alguma inteligência, como hidratação / Madeira responsiva com padrões de corte (cortado pela impressora a laser), para interagir com a umidade / Estrutura hidrostática;</p> <p>B - Resposta à Temperatura - Materiais com memória de forma (Liga de memória de forma) - controle do comportamento com acurácia e precisão / Estrutura pneumática;</p> <p>C- Armazenamento de Energia - Magnetismo</p> <p>5.2 Material Responsivo</p> <p>A - Tecido vegetal vivo - Como: cianobactérias (ambiente úmido aumento de proliferação de cianobactérias em meio aquoso); Fungo (carboidrato constituinte do fungo, pode ser facilmente hidratado / Compósito de fungo com as cianobactérias;</p> <p>B - Tecido vegetal morto - Como: Flagelos a partir de fibras de folhas / Micélio / fibra de bambu (sustentável, ele cresce rápido e resistente. Pesquisar responsividade com umidade); Extrair proteínas vegetais para fazer um cimento.</p>

Tabela 7. Síntese das oportunidades conceituais e materiais. Fonte: autores.

DESIGNER B: “Acho muito interessante essa questão das algas [cianobactérias] também”, por exemplo, “Se tivesse um janelão, uma janela que fosse uma camada dupla de vidro com esse hidrogel e algumas algas dentro, que num período de maior umidade ela se proliferasse”.

A Imagem 3 evidencia os conceitos apresentados pelas equipes na Etapa 3. A Equipe A abordou dois conceitos principais. O primeiro sobre responsividade atuada pela energia cinética, energia térmica ou energia solar, e a possibilidade de ajuste manual pelo usuário. O segundo conceito contemplou o desenvolvimento de ‘**Sistema estático com sombreamento responsivo**’, a partir da definição de algoritmo paramétrico que controla a incidência solar e otimiza o sombreamento.

EQUIPE A: “Esses módulos poderiam trabalhar de forma estática, mas o que seria levado em conta é a translação do sol, e da geração de sombra, se fossem uns cobogós com estrutura de voronoi, com diferentes aberturas e fechamentos.

Não chegaram a definir o material, mas cogitaram utilizar o tecido vivo (compósito com cianobactérias entre o vidro, que se proliferam segundo à umidade) ou o tecido vegetal o morto, o *mycelium* (estrutura radicular de cogumelos (rede de raízes), que à medida que crescem colaboram para a limpeza do ar).



Imagem 3. Síntese dos conceitos criados na Etapa 3 de cocriação. Fonte: autores.

A Equipe B propôs o conceito de ‘**Cortina fluída - crescimento pneumático**’, através de cobogó constituído por membrana pneumática flexível, que funciona a partir "da interação térmica, entre o gás interno e a sua morfologia, que irá se expandir ou se retrair" (EQUIPE B). A solução permite modularidade a partir da conexão entre padrões (elementos unitários): “padrões e módulos que são conectados para gerar formas e superfícies (EQUIPE B); e busca considerar a interação com o usuário, como apresentado no projeto Canopy1, da Pneuhaus, em que pessoas ao pedalam, armam membranas pneumáticas. A Equipe C, por sua vez, utilizou como conceitos norteadores: a modularidade do cobogó, células autônomas e pontos fixos. A ‘**Célula Autônoma**’ consiste em módulo responsivo, que se adapta individualmente à variação de temperatura, através da abertura e fechamento, e com funcionamento independente entre as células. O conceito norteador de pontos ou eixos fixos (na vertical ou transversal) estratégias para fixar as células em envoltório modular inspirado no padrão tradicional do cobogó. A quantidade de células autônomas e a escala variam a depender do material e processo construtivo, podendo ser 3 ou 314 elementos. A maior quantidade de células pode proporcionar que o conjunto destes criem microfissuras, e ampliem a área de abertura para responder às condições ambientais.

EQUIPE C: “[...] no final a gente chegou à conclusão que a liga de memória de forma, é uma prática bem mais interessante do que usar a hidratação, por causa da acurácia e precisão desse tipo de material”.

Aspectos referentes à definição do design gerativo, também foram abordados através da definição dos parâmetros climáticos para controle das células autônomas; definição de restrições e do algoritmo propriamente dito, para então gerar uma ampla gama de soluções.

Conclusões

A Sessão de Cocriação (SC), virtual ou presencial, demanda planejamento com vantagens e desvantagens para ambas as abordagens. A utilização de plataformas intuitivas e já conhecidas pelos participantes, como também, a exploração de sala de aula invertida, e de equipe de mentores para auxiliar no processo de registro, proporcionou a dinamicidade da sessão. A SC exige controle do tempo para um desenvolvimento eficaz e eficiente, entretanto precisa ser flexibilizado para permitir o arremate das ideias. A formação de salas virtuais no Zoom para os grupos, compartilharem conhecimento, foram importantes, resultando em discussões ricas, com muitos conceitos projetuais para referência. O desenvolvimento do painel de referência com múltiplos participantes demonstrou vantagem no processo intuitivo para inserção das referências e desvantagem no processo de compartilhamento, pois alguns participantes tiveram dificuldade de localizar referências na hora de compartilhar. A partilha dos sketches pelo grupo do WhatsApp facilitou o compartilhamento de ideias. Como direcionamento, para futuras abordagens, incentivamos a ampliação da dinâmica em uma hora, a fim de ampliar o tempo de partilha entre os integrantes.

Durante a análise dos dados, identificamos ênfase para a umidade na etapa 1, que foi progressivamente perdendo relevância em relação à temperatura e incidência solar, ficando evidente nos conceitos finais da etapa 3. A modularidade (elementos unitários padrão), surge como principal referência à tipologia cobogó. Com relação à *Ammophila arenaria*, percebemos na Etapa 2, relatos sobre diferentes abstrações à morfologia, fisiologia e comportamento do organismo. Contudo, os conceitos da etapa final abordaram apenas o movimento de abertura e fechamento foliar, ratificando esta característica do organismo de referência como sendo a que chama mais atenção. A questão da redução da escala das soluções responsivas deve ser levada em consideração, como direcionamento, pois módulos menores permitem aprimorar o controle da resposta.

Consideramos o desenvolvimento da SC relevante para repensarmos em conjunto com equipe multidisciplinar conceitos de projeto bioinspirado que buscam reduzir o consumo energético, a partir de materiais alternativos e do uso intensivo de design digital. A inserção de integrantes com diferentes experiências climáticas foi de extrema relevância para questionar quais seriam os parâmetros de relevância para o contexto climático de Portugal. Neste sentido, os parâmetros de proteção solar e iluminação ganham força em detrimento da ventilação. Percebemos que uma das principais vantagens SC virtual é facilitar a participação de integrantes de diferentes partes do mundo, tornando ilimitada as fronteiras entre os países e ampliando a troca de conhecimento entre diferentes culturas. Há o ganho na economia dos recursos naturais energéticos com economia de recursos para viagens, contudo, percebe-se na relação interpessoal presencial. Assim, esperamos que a SC norteie aspectos conceituais para desenvolvimento de propor solução de cobogó responsivo, para compor fachada adaptáveis e responsivas, como proporcionar proteção solar e iluminação, e opção de ventilação com controle pelo usuário. Tal solução, no entanto, deve primar por não utilizar

sistema eletromecânico, a fim de contribuir para redução do consumo energético e sustentabilidade das edificações.

Agradecimentos

Esta investigação é apoiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) SFRH/BD/144910/2019 e acolhida pelo Centro de Investigação em Arquitetura, Urbanismo e Design - CIAUD da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa.

Referências

ANDRADE, Tarciana *et al.* Overview of Nastic Movements in Plants: A Data Collection for Developing Responsive Facades. 2020. In *4th INTERNATIONAL CONFERENCE FOR Biodigital Architecture & Genetics*, ed. Alberto T. Estévez. Barcelona: iBAG-UIC, 212–21.

ARRUDA, Amilton José Vieira de. *Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: A Revolução Tecnológica Pela Natureza*. 2018. São Paulo: Blucher.

BADARNAH, Lidia, and Usama Kadri.. A Methodology for the Generation of Biomimetic Design Concepts. 2015 *Taylor & Francis Group* p. 37–41.

BRAUN, Virginia; Victoria Clarke.. *Successful Qualitative Research: A Practical Gríde for Beginners*. 2013. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore and Washington DC: SAGE Publications.

CAMACHO, Darwin Onésimo Jaime; HELENICE, María Sacht; VETTORAZZI, Egon. Brick Vents to Cobogó : History of Use in Brazilian Architecture and Considerations Regarding Its Adaptation to Climate. 2018. p. 205–16.

CHEGUI, A, L El Hafid; MELHAOUI, M. Characteristics of marram grass (*Ammophila arenaria* L .), plant of the coastal dunes of the Mediterranean Eastern Morocco : Ecological , morpho-anatomical and physiological aspects. 2017. *Journal of Materials and Environmental Sciences*. p. 3759–65.

IPCC. Special Report: Global Warming of 1.5°C. 2018. Disponível em:
<<https://www.ipcc.ch/sr15/>>

FIORITO, Francesco *et al.* Shape Morphing Solar Shadings: A Review. 2016. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55: 863–84.

GUMUCHDJIAN, Philip; Rogers, Richard. *Cidades para um pequeno planeta*. 2011. Tradução: Anita Regina Di Marco. 1 Ed. Barcelona: Gustavo Gilli.

GOOGLE. “Design Sprint: Sketch Methods.”
<https://designsprintkit.withgoogle.com/methodology/phase3-sketch>

GRUBER, P; GOSZTONYI, S. Skin in architecture: Towards bioinspired facades. 2010. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 138, 503–513.

KADIOGLU, Asim; TERZI, Rabiye, SARUHAN, Neslihan; SAGLAM, Aykut. Current Advances in the Investigation of Leaf Rolling Caused by Biotic and Abiotic Stress Factors. 2012. *Plant Science* 182, p. 42–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.01.013>.

LOPEZ, Marlén; RUBIO, Ramón; MARTÍN, Santiago; CROXFORD, Ben. How Plants Inspire Façades. From Plants to Architecture: Biomimetic Principles for the Development of Adaptive Architectural Envelopes. 2017. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, p. 692–703. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.018>.

MARSHALL, S. 2019. *The Breeze Block Book*. Publisher Uro Publications.

MARTIN, Bella; HANINGTON, Bruce. Choice Reviews Online *Universal Methods of Design: 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions*. 2012. United States of America: Rockport Publishers.

OLIVEIRA, Maria João Marques de. Towards a Bio-Shading System Concept Design Methodology. 2019. Instituto Universitário de Lisboa, School of Technology and Architecture.

OMRANY, Hossein *et al.* Application of Passive Wall Systems for Improving the Energy Efficiency in Buildings : A Comprehensive Review. 2016. v. 62, p. 1252–69.

VIEIRA, Antenor; BORBA, Cristiano; RODRIGUES, Josivan. *Cobogó de Pernambuco*. 2013. 1st ed. ed. Jossivan Rodrigues. Recife.