



A BIOMIMÉTICA COMO INSPIRAÇÃO NA CRIAÇÃO DE UM ELEMENTO VAZADO PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DO AR

Camila Guizzo Soares, graduanda
Universidade do Extremo Sul Catarinense
E-mail: camilaguizzo123@gmail.com

Giovani Simão De Luca, Mestrado em Design (UFRGS)
Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
E-mail: giovanideluca@unesc.net

Resumo

A biomimética tem como objetivo estudar as estruturas biológicas e suas funções para que se possa aprender com a natureza e transmitir esse saber à criação de produtos sustentáveis e inovadores. Neste trabalho, a abordagem biomimética é a base para a criação e desenvolvimento de um produto que atua na melhoria da qualidade do ar em resposta aos impactos das atividades humanas. Um ar carregado de partículas nocivas pode gerar diversos problemas respiratórios, entre eles asma, rinite, bronquite e etc. A pesquisa utiliza métodos qualitativos e exploratórios e pesquisa bibliográfica. Utilizando a metodologia "Espiral do design Biomimético", o presente estudo faz analogias com sistemas naturais que realizam algum tipo de filtragem na natureza, chegando na espécie da esponja de vidro (*Euplectella*) que através da sua morfologia consegue capturar partículas existentes em meio marinho servindo como inspiração para o produto. A solução alcançada propõe uma nova tipologia de produto que interage e melhora a qualidade do ar em ambientes.

Palavras-chave: biomimética; elementos vazados; má qualidade do ar.

Abstract

Biomimetics aims to study biological structures and their functions so that one can learn from nature and transmit this knowledge to the creation of sustainable and innovative products. In this paper, a biomimetic approach is a basis for the creation and development of a product that works to improve air quality in response to the impacts of human activities. Air laden with harmful particles can cause several respiratory problems, including asthma, rhinitis, bronchitis, etc. The research uses qualitative and exploratory methods and bibliographic research. Using the methodology "Spiral of Biomimetic Design", the present study makes analogies with natural systems that perform some type of filtering in nature, arriving at the species of the glass sponge (*Euplectella*) that through its morphology is able to capture existing cells in the marine environment serving as inspiration for the product.

The solution reached proposes a new product typology that interacts and improves air quality in environments.

Keywords: biomimicry; hollow elements; poor air quality.

1 Introdução

Para Gioda (2003), a qualidade do ar interno tornou-se uma preocupação já que é comum se construir edifícios fechados por razões estéticas, controle de ruído e climatização. Isso gera um aumento nos casos de problemas relacionados ao ar nesses lugares, já que grande parte das pessoas passam muito tempo dentro de ambientes, e por consequência acabam expostas aos poluentes ali presentes. Diante disso, percebe-se a necessidade de novos valores industriais que apresentem soluções ecológicas, interligadas e saudáveis.

Uma das áreas de pesquisa em crescimento é a Biomimética que tem como mentora a natureza e traz a ótica da importância da adequação das indústrias para que surjam novas atitudes empresariais. Para Brocco (2018), a natureza se adapta e interage ao meio de forma a construir uma visão ampla que unifica as partes do todo, e o acúmulo de soluções e estratégias encontrados pela natureza inaugura a base para uma nova maneira de projetar. A pesquisadora americana, Janine Benyus (1997) define a biomimética como o estudo de modelos da natureza assim, sendo possível imita-los e resolver diversos problemas humanos.

Este trabalho aborda a conexão que pode ser estabelecida entre o design e a biomimética. As duas áreas em conjunção colaboram com o desenvolvimento de produtos mais eficientes e sustentáveis proporcionando uma interação do produto com o seu usuário por meio da melhora significativa da qualidade do ar em ambientes internos. Com base nesses argumentos, este estudo reforça o elo interdisciplinar entre as áreas do design e da biologia para a criação de soluções mais amplas e completas. Por isso, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver uma solução para melhorar a qualidade do ar por meio da biomimética.

2 Revisão bibliográfica

A fundamentação teórica traz dados sobre os impactos ambientais que a má qualidade do ar gera à saúde humana, informações a respeito dos elementos vazados e a natureza como modelo, medida e mentora para criação de novos produtos trazendo à ótica o conceito de biomimética. Essa etapa auxilia como base teórica na elaboração da metodologia e do desenvolvimento do produto.

2.1 Qualidade do ar

Os estudos da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) mostram que os níveis de concentração de poluentes podem ser de duas a cinco vezes maiores em ambientes internos em comparação com os ambientes externos, até mesmo em cidades muito industrializadas. A exposição a poluentes aliado ao tempo de permanência em ambientes internos faz com que os riscos à saúde humana sejam altos nesses locais. Segundo Motta e Mendes (1995, p.2):

"A poluição do ar é definida como a presença de um ou mais contaminantes na natureza em quantidades que podem comprometer a qualidade deste recurso, tornando-o impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e as atividades normais da comunidade."
(MOTTA E MENDES, 1995, p.2)

A Organização Mundial da Saúde (2018) estima que cerca de 90% das pessoas em todo o mundo respiram ar poluído. A qualidade do ar é afetada por uma série de poluentes como "monóxido de carbono, dióxido de carbono, amônia, óxido de enxofre e nitrogênio - são produzidos dentro do edifício por materiais de construção baseados em solventes orgânicos, por materiais de limpeza, mofo, bolor, metabolismo humano e também pelas próprias atividades do homem, como cozinhar ou lavar e secar roupas" (CARMO; PRADO, 1999, p.3).

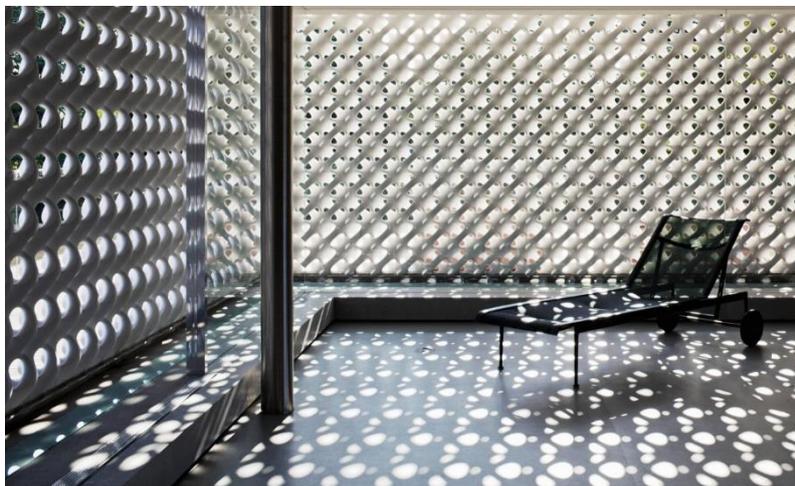
Entende-se que a ventilação dentro dos ambientes internos influencie diretamente na qualidade do ar. A ventilação pode ser definida como a integração de meios que resultam na troca do ar do meio interno para o externo, retirando o ar poluído e repleto de poluentes. Os sistemas de ventilação quando não realizam uma boa troca de ar ou estão sem manutenção se tornam potenciais fontes de disseminação de poluentes como substâncias e partículas. É crucial para a boa qualidade do ar que os sistemas de ventilação do ambiente sejam feitos corretamente e que ocorra uma manutenção dessas instalações (JONES, 1999). Diante disso, percebe-se que a qualidade do ar (IAQ) dentro dos espaços internos como: casas, escritórios, escolas, prédios, instalações de saúde e instituições privadas é essencial para uma vida saudável e contribui para o bem-estar das pessoas.

2.2 Cobogós e elementos vazados

Segundo Borba (2012) os cobogós surgiram no Brasil no século XX no Recife. Os idealizadores do artefato foram o engenheiro Antônio de Góes, o comerciante português Amadeu Oliveira Coimbra, e o empreendedor alemão Ernest August Boeckmann. A primeira sílaba do sobrenome dos três em união formaram o nome do artefato. O cobogó é um bloco de concreto, podendo ser feito também de cerâmica e um dos principais

benefícios da utilização desses artefatos é permitir a passagem de luz natural através das formas vazadas presentes na superfície do produto. Além disso, garantem a ventilação do ar e conseqüentemente, a diminuição na temperatura dentro dos ambientes.

Figura 1: Cobogós em um ambiente.



Fonte: ArchDaily (2015)

Em áreas internas, os cobogós são utilizados para separar ambientes e substituir divisórias ou paredes convencionais. Já na parte externa, costumam ser utilizados em muros e fachadas. Além dos cobogós, existem outros elementos vazados tais como: revestimentos cimentícios, chapas metálicas, biombos e painéis de madeira. Tantos os elementos vazados como os cobogós são amplamente utilizados em projetos residenciais e comerciais, e seu valor vai além de sua função prática, mas também exerce uma função estética dentro do ambiente. O uso desses elementos em espaços internos e externos, cria uma integração natural importante nos espaços através da circulação de ar e iluminação solar trazendo a beleza das formas do produto que projeta efeitos de luzes e sombras no artefato.

2.3 A natureza como modelo, medida e mentora

Durante milhões de anos, a natureza foi criando e desenvolvendo soluções para resolver problemas reais. Neste período, essas soluções foram intensamente testadas e adaptadas ao meio. Através da seleção natural, ao longo dos anos, os organismos mais adaptados às condições do meio ambiente tiveram maiores chances de se reproduzir. Esse processo de seleção faz com que características importantes como eficiência, resistência e funcionalidade perpetuem para outros seres vivos.

DeYoung e Hobbs (2009) trazem a visão de que há diversas soluções práticas de design que estão no meio natural, surgindo de diferentes reinos e espécies. Além de ser

extremamente importante para a vida na terra, e a natureza pode ser a origem para a inspiração nas mais variadas soluções em diferentes áreas e épocas, tais como: na arte, arquitetura, design, engenharia, tecnologia, ciência, medicina, entre outras.

Um exemplo de extrema relevância vem do estudo da flor de lotus onde se identificou funcionalidades de impermeabilidade e limpeza. O fenômeno ocorre em razão a superfície da planta que impede que a água entre em contato, isso faz com que se formem gotas que vão trazendo as partículas pelo caminho. O estudo permitiu que a tecnologia fosse empregada no mercado em produtos como a tinta *Lotusan* e também em outros materiais e produtos, como tecidos, madeira ou vidro que simulam o mesmo efeito da flor de lótus (VERSOS, 2010).

Figura 2: LOTUSAN, tinta que repele a água inspirada na flor de lótus.



Fonte: Versos (2010)

Conforme exposto acima, o exemplo serve para trazer aplicações práticas da mimetização da natureza em integração com diversas áreas do conhecimento em um elo interdisciplinar. Para Friend (2009), a inovação pode ser impulsionada com essa nova forma de projetar com a natureza, da mesma forma que Baumeister (2013) afirma que o aprendizado através da natureza significa mimetizar formas naturais, bem como seus processos e ecossistemas com o objetivo de criar projetos sustentáveis que se adequem a certas necessidades e objetivos.

2.4 Biomimética

Para Benyus (1997) a biomimética busca entender as estratégias e soluções da natureza de forma holística levando em consideração o ecossistema com o intuito de proporcionar uma adequação das pessoas no ambiente em que vivem. Desta forma, a contribuição da biomimética se baseia na criação de uma nova cultura através da visão holística, filosófica, e processual que coloca a natureza como mentora em respeito à vida antes da viabilidade econômica, tecnológica ou mercadológica. Também sugere a retomada de princípios

deixados de lado ao longo de bilhões de anos. É uma área de investigações da complexidade da biosfera, sua atuação abrange diversos conhecimentos. Segundo Bhushan (2009):

“O campo da Biomimética é altamente interdisciplinar. Envolve a compreensão de funções biológicas, estruturas e princípios de vários objetos encontrados na natureza por biólogos, físicos, químicos e cientistas de materiais. Design e fabricação de dispositivos de interesse comercial.”

2.4.1 Analogia morfológica, funcional e simbólica

Na observação da natureza, é possível, em processos de observações, estabelecer analogias através de um raciocínio lógico que pode resultar em amplas soluções para diferentes áreas. Para Soares (2018), as analogias buscam traduzir a natureza e auxiliam o entendimento de formas e funções para a utilização dessas estratégias que se relacionam com os conceitos biomiméticos.

Analogia Morfológica - Bonsiepe (1992) define a Analogia Morfológica como o processo empírico na busca de modelos com características estruturais e formais passíveis de serem utilizadas em projetos. Para Soares (2016) este tipo de analogia objetiva compreender na natureza as relações que podem ser estabelecidas a partir de sua geometria, sua superfície e detalhes, a estrutura e, por fim, as características que compõe o todo.

Versos (2010) comenta analogia Morfológica com o Trem-bala Shinkansen criado pelo engenheiro Eiji Nakatsu. A referência utilizada para estudo foi a forma do bico do pássaro Martim-Pescador. O bico facilita o mergulho sem espirrar água no momento em que a ave se alimenta. O engenheiro se inspirou na forma do bico deste pássaro em solução a vibração e o barulho que obteve uma melhora significativa de 10% mais velocidade, consumindo 15% menos energia, e ainda com redução de 30% na pressão do ar em comparação ao modelo antigo.

Figura 3: SINKANSEN (Japão), trem bala inspirado no bico de um Martim-pescador.



Fonte: Versos (2010)

Analogia Funcional - Para Soares (2016), a análise funcional busca estudar o os aspectos físicos e mecânicos natural e as funcionalidades desempenhadas no todo e em seus componentes. Ou seja, são vivenciadas as características funcionais e específicas que possa se possa imitar a estrutura a ser analisada já que os organismos desenvolveram ao longo do tempo habilidades complexas e altamente adaptáveis.

Um case na aplicação de uma analogia funcional foi desenvolvida pela empresa *Qualcomm* que fabrica chips controladores para tablets, notebooks e *e-readers*. A empresa desenvolveu um novo modelo de tela chamado “*Mirasol*”, e se inspiram nas borboletas que apesar de não apresentarem muita pigmentação em suas asas, refletem uma gama de cores muito extensa. Dessa forma, as telas aproveitam a luz ambiente para refletir a luz através de um sistema mecânico com placas condutoras HAMANN (2010).

Figura 4: Telas criadas pela empresa Qualcomm com inspiração na asa da borboleta.

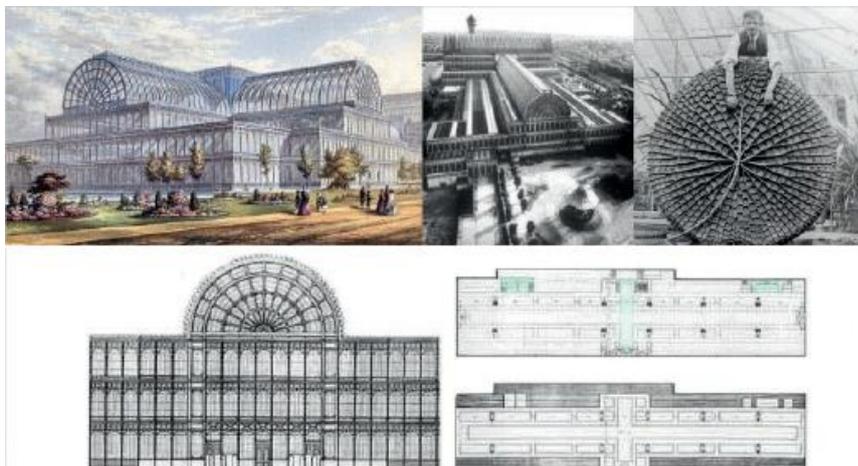


Fonte: Autoral.

Analogia Simbólica - Para Soares (2016), na analogia simbólica estão os casos de imitação que podem não corresponder em sua totalidade com as formas naturais, nem necessariamente às funções. Então, a análise é feita de forma mais abstrata possuindo uma relação não tão clara com aspectos da estrutura natural analisada. Pereira (2013) traz um exemplo de análise morfológica: o Palácio de Cristal (Londres/Inglaterra, 1951), construído por Joseph Paxton para Exposição Universal que representa uma analogia simbólica com base na observação da estrutura da planta amazônica Vitória-régia. Utilizou-

se a ilustração de uma das folhas de forma a apoiar uma estrutura de telhado curvo usando-a como uma inspiração para o projeto.

Figura 5: Analogia simbólica da Torre de Cristal inspirada na Vitória-régia.



Fonte: Soares (2016)

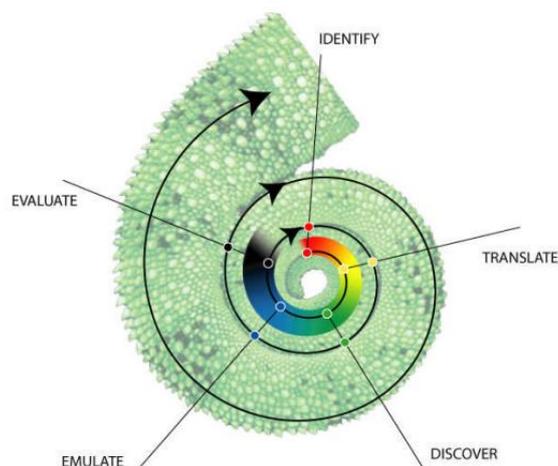
2.5 Considerações sobre a revisão bibliográfica.

A biomimética aliada aos cobogós e elementos vazados se tornou fonte de estudo para a pesquisa. A combinação dessas duas áreas, faz com que a solução possa ir além de um artefato com características estéticas e funcionais. Com o foco em melhorar a qualidade do ar em ambientes, e propondo-se a minimizar os impactos decorrentes disso, o produto pode pertencer a um sistema interdependente onde a ventilação e luz natural são utilizadas para a melhoria da qualidade de vida de inúmeras pessoas.

3 Metodologia

Nesta seção será abordado a metodologia escolhida para o desenvolvimento do produto. A Espiral do Design Biomimético foi desenvolvida por *Janine Benyus* e *Dayna Baumeister*, pesquisadoras do *Biomimicry Institute* localizado em Missoula no estado de Montana, EUA. Na “figura 6”, tem-se a Espiral do Design Biomimético representada graficamente. Logo abaixo da figura, apresentam-se os cinco passos do processo de desenvolvimento que compõem a espiral. A metodologia é exploratória e traz dados qualitativos. Está dividida em 5 etapas, sendo elas: identificar, traduzir, descobrir, imitar e avaliar. Conforme apresentado abaixo:

Figura 6: Espiral do Design Biomimético



Fonte: Biomimicry Guild (2007).

3.1 Identificar

Sendo assim, a primeira etapa da metodologia consiste em desenvolver um *Briefing* a partir da necessidade humana. O *Briefing* é uma palavra de origem inglesa *brief* que pode ser traduzida como um resumo escrito. Para Pazmino (2005) dentro do design serve como um documento que reúne todas as necessidades e restrições a respeito da solução a ser desenvolvida. Apresenta também informações sobre o produto, mercado sobre a perspectiva do público-alvo, concorrência e diferenciais a serem trabalhados no projeto como: custo, tecnologia envolvida, função estética, simbólica e prática, entre outros.

O Briefing do projeto foi desenvolvido a partir da justificativa da pesquisa apresentado na fundamentação teórica do presente artigo. O nome do produto “Smart Lung” reforça a ideia do produto como um “pulmão inteligente” dentro dos ambientes. O problema pesquisado diz respeito aos poluentes que impactam a qualidade do ar tornando-o maléfico à saúde humana, sendo que os principais são transmitidos em forma de substâncias e partículas. No desenvolvimento da solução, objetivou-se a filtragem das partículas presentes no ar. Tratando-se de poluição em ambientes internos, é amplo o número de pessoas que são afetadas pelo problema, mas principalmente, o produto pretende trazer uma melhora na qualidade de vida das pessoas que já possuem problemas respiratórios como: bronquite, asma, rinite, sinusite, entre outros. A solução também é abrangente considerando que, além de atuar na minimização de doenças pulmonares, também é possível através da melhora da qualidade do ar prevenir o surgimento de doenças relacionadas ao pulmão.

Figura 7: Briefing do projeto.

BRIEFING	
PRODUTO	Nome: Smart Lung Categoria: Elemento vazado inteligente Local de uso: destinado a ambientes internos
MERCADO	Atuar no mercado de pisos e revestimentos como um elemento vazado inteligente que filtre partículas nocivas dentro de ambientes internos.
CONCORRENTES	Nicho de revestimentos estruturais e/ou decorativos. Cobogós, revestimentos cimentícios, biombos e brises.
PÚBLICO-ALVO	Público-alvo de 25 á 50 anos da classe média alta que se preocupe com a qualidade do ar e/ou possui problemas respiratórios.

Fonte: Autora (2020).

A partir do *Briefing* e da *Persona*, identificou-se como requisitos de projeto as características técnicas desejadas e as obrigatórias. Conforme mostrado na tabela abaixo:

Figura 8: Requisitos de projeto

REQUISITOS	OBJETIVOS	CLASSIFICAÇÃO
Elemento vazado inteligente	Smart Lung (Pulmão inteligente)	Obrigatório
Estética e conforto visual	Utilizar padrões naturais e formas orgânicas	Obrigatório
	Moderno	Obrigatório
	Tons claros	Desejável
Praticidade	Leveza Modularidade	Obrigatório
Funcionalidade	Filtragem	Obrigatório
	Permitir encaixe	Obrigatório
	Dividir e/ ou preencher ambientes	Obrigatório
Durabilidade	Resistência e peso	Obrigatório
	Permitir montagem e desmontagem	Desejável
	Troca do filtro	Obrigatório

Fonte: Autora (2020).

Sendo assim, a persona do projeto é o Renato, ele possui 32 anos. É graduado em engenharia de materiais e mora no centro de Florianópolis. Possui rinite há alguns anos e sempre se preocupa com a higienização dos ambientes para evitar o máximo de contato com partículas que possam piorar a alergia. Opta por espaços abertos com iluminação e ventilação natural e integração com plantas.

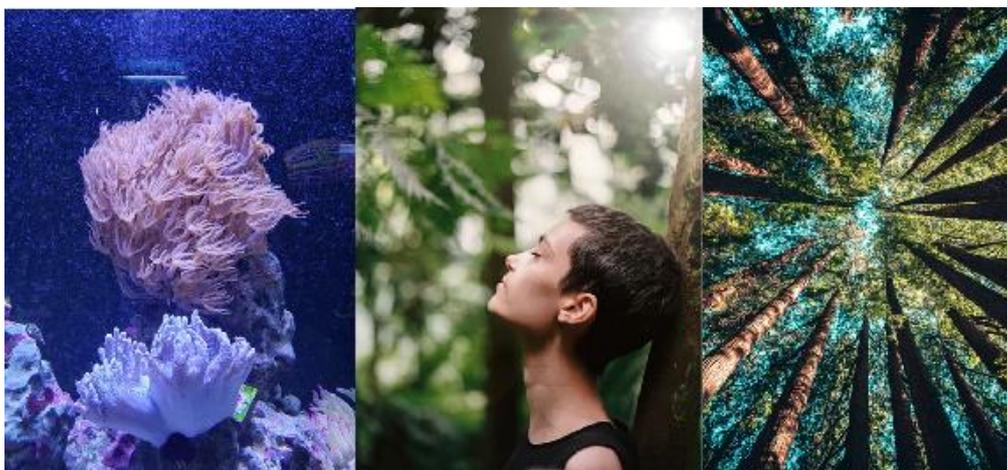
3.2 Traduzir

Nesta etapa, ocorre uma integração da etapa anterior de criação do *Briefing* com uma perspectiva da natureza e condições temporais, climáticas e contextuais do ambiente onde o produto será inserido. Para desenvolver o *briefing* a partir das necessidades da natureza o *briefing*, iniciou-se uma pesquisa na área da biologia através de periódicos, vídeos e imagens com foco nas observações de elementos naturais.

A natureza realiza a função de filtragem em meio terrestre por meio das plantas que realizam a respiração celular onde retiram da atmosfera gás carbônico e devolvem oxigênio através da fotossíntese. Para realizar esse processo, a planta precisa de sais minerais e água retirados do solo através da raiz da planta e que chega até as folhas através do caule. A luz do sol por sua vez, é absorvida pela superfície da folha da planta, e através da clorofila a planta adquire a sua coloração. Nos oceanos, as espécies de algas marinhas e de água doce produzem boa parte do oxigênio do planeta através de um sistema próprio de filtragem. Na respiração humana, a mesma troca de ar acontece dentro dos pulmões que realiza a última etapa de filtragem do ar, sendo a primeira iniciada através do nariz.

Em analogia com o *briefing*, é possível considerar que a natureza tem diferentes formas de filtrar partículas e gases seja através da ventilação, ou mesmo da troca de substâncias. Onde um organismo realiza as trocas de gases através do ecossistema do qual está inserido. Neste sentido, é necessário pensar como o produto pode atuar como um pulmão artificial que "inspire" e "expire" ar filtrado através da ventilação natural do ambiente do qual está inserido.

Figura 9: A respiração como ligação entre



Fonte: Unsplash (2020)

3.3 Descobrir

Nesta etapa da metodologia, faz-se necessário analisar o ecossistema do qual o produto irá pertencer e identificar modelos naturais que tenham correlação com o problema a ser resolvido e a partir disso, estabelecer analogias com a solução. Os três modelos encontrados na natureza que mais se adaptam com o *briefing* foram a esponja de vidro, a baleia jubarte e a salpa marinha que apresentaram um mecanismo próprio para fazer a filtragem de substâncias e partículas no meio onde vivem. Conforme mostrado abaixo:

Figura 10: Modelos biológicos



Fonte: Autora (2020).

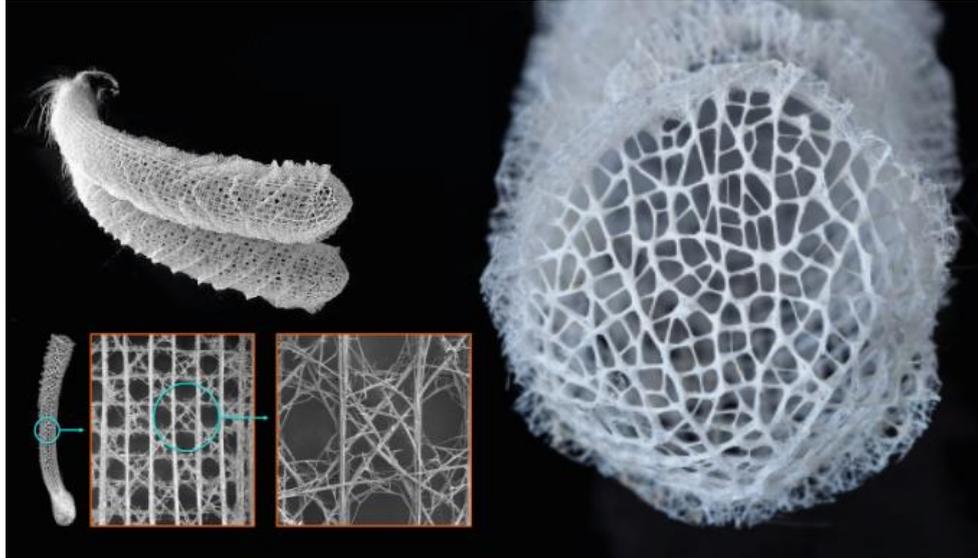
Para a escolha de qual modelo biológico seria o mais adequado, levou-se em conta alguns critérios como: estabilidade, leveza, forma de filtragem e composição. Dentre os modelos naturais apresentados e os requisitos levantados para análise, o modelo escolhido foi a *Venus Flower Basket* (Esponja de vidro) conhecida cientificamente por *Euplectella aspergillum*.

3.4 Imitar

A morfologia da esponja de vidro apresenta um esqueleto curvo composto por uma estrutura fina e resistente, e uma segunda estrutura horizontal envolvendo o corpo da esponja, ambas as estruturas são compostas por sílica. O interior da esponja é oco criando sua forma convexa e côncava em formato vertical, o que lhe confere estabilidade. A *Venus*

Flower Basket apresenta diversas aberturas ao longo de sua estrutura em formato de tramas, adquirindo propriedades ópticas e mecânicas muito que auxiliam a filtragem da água do mar para captura do plâncton que é utilizado pela esponja como fonte de alimentação.

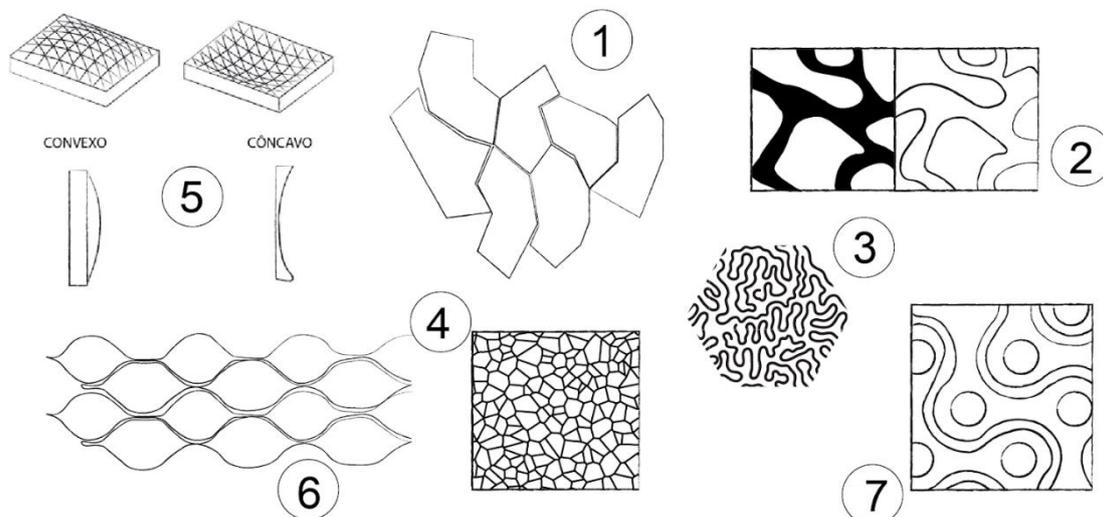
Figura 11: Venus Flower Basket (Esponja de vidro)



Fonte: Autora (2020).

Geração de Alternativas - Nesta etapa, utilizando como inspiração o modelo biológico escolhido, inicia-se a geração de desenhos que buscam encontrar a melhor forma física para a solução proposta. Utilizando inspirações da morfologia da esponja de vidro, se chegou em algumas opções.

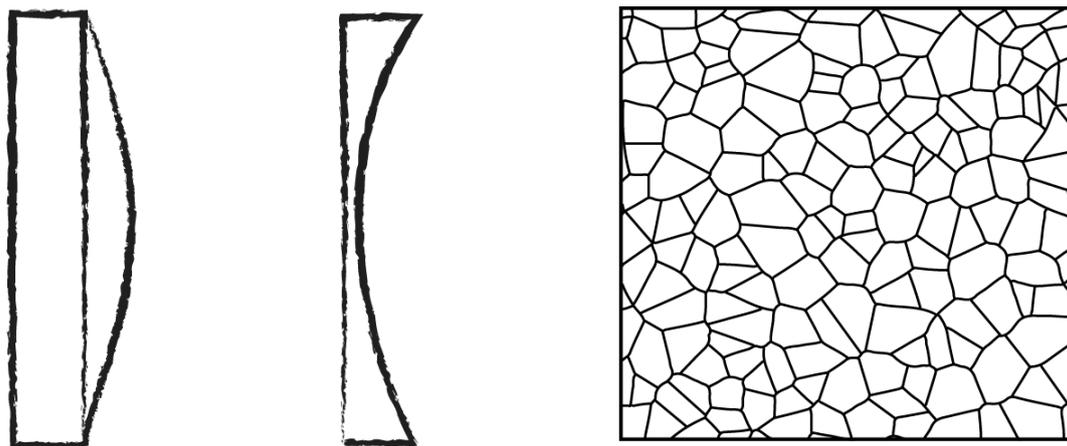
Figura 12: Alguns *sketchs* desenvolvidos pela autora.



Fonte: Autora (2020).

A alternativa 5 (Figura 12) apresentou um grande potencial, por retomar conceitos importantes ligados a respiração pulmonar que inspira e expira através da sua forma convexa e côncava que são o conceito de produto escolhido. A estrutura retangular permite uma facilidade no encaixe das peças entre si. Já a solução 4 (Figura 12), possui uma superfície interessante para o projeto considerando a necessidade de elementos vazados que permitem a passagem do ar para dentro do produto.

Figura 13: Refinamento da mistura de alternativas.



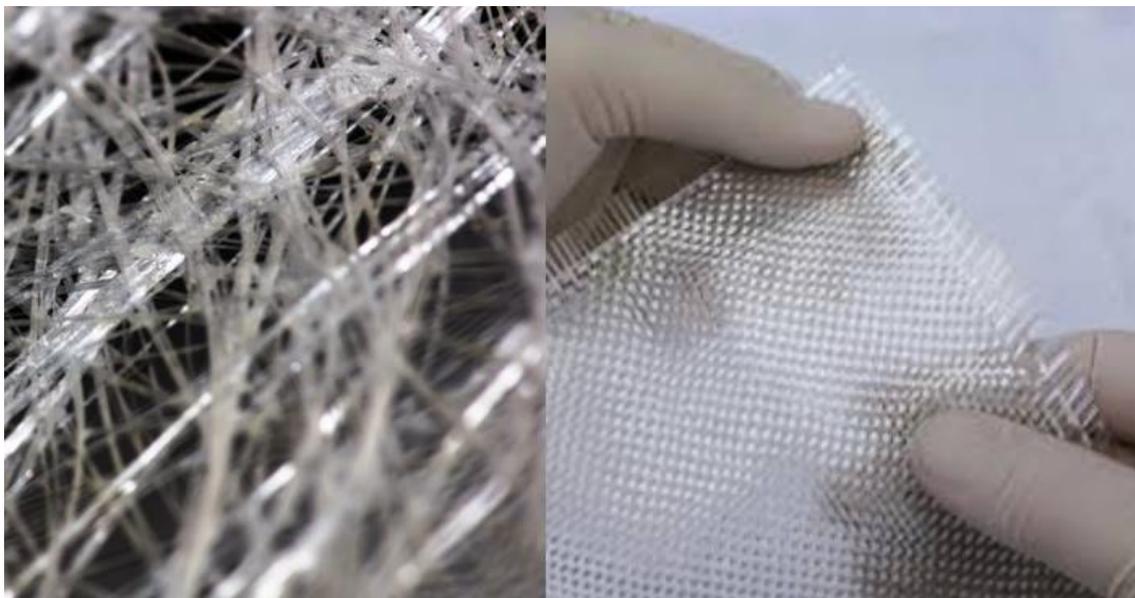
Fonte: Autora.

Filtragem - Para Cremasco (2014) existe uma diversidade de meios pelos quais se pode realizar a filtragem de partículas, podendo ser classificados em: leitos granulares soltos, leitos rígidos, telas metálicas, tecidos, membranas, algodão, polímeros sintéticos, entre outros. Segundo o autor, a escolha deve basear-se nas exigências e especificações do projeto. Para definir como a solução faria a filtragem do ar foram desenvolvidas analogias com filtros disponíveis no mercado e levou-se em consideração o diâmetro da malha e seu peso e também se privilegiou a escolha de materiais biodegradáveis. Dentre os materiais pesquisados, as fibras despertaram grande interesse pela possibilidade de criarem uma malha filtrante.

A *fiberglass* mais conhecida como fibra de vidro, tem amplo uso na indústria e é composta por substâncias minerais que formam feixes com uma espessura muito fina, porém extremamente resistente. Possui baixa absorção de água e dilatação térmica e excelente resistência a corrosão, além de ser leve quando comparada com aço e alumínio. (MATHEUS, 2002). Levando em consideração as propriedades da fibra de vidro, optou-se por utilizá-la na malha filtrante pertencente a solução em desenvolvimento. Para deixar o filtro mais maleável para troca e limpeza, o tecido de fibra de vidro mostrou atender a essa necessidade. No produto, para atribuir fixação a malha nas extremidades do elemento será

colocada uma moldura de polímero biodegradável com as laterais de 1cm e espessura de 0,5cm.

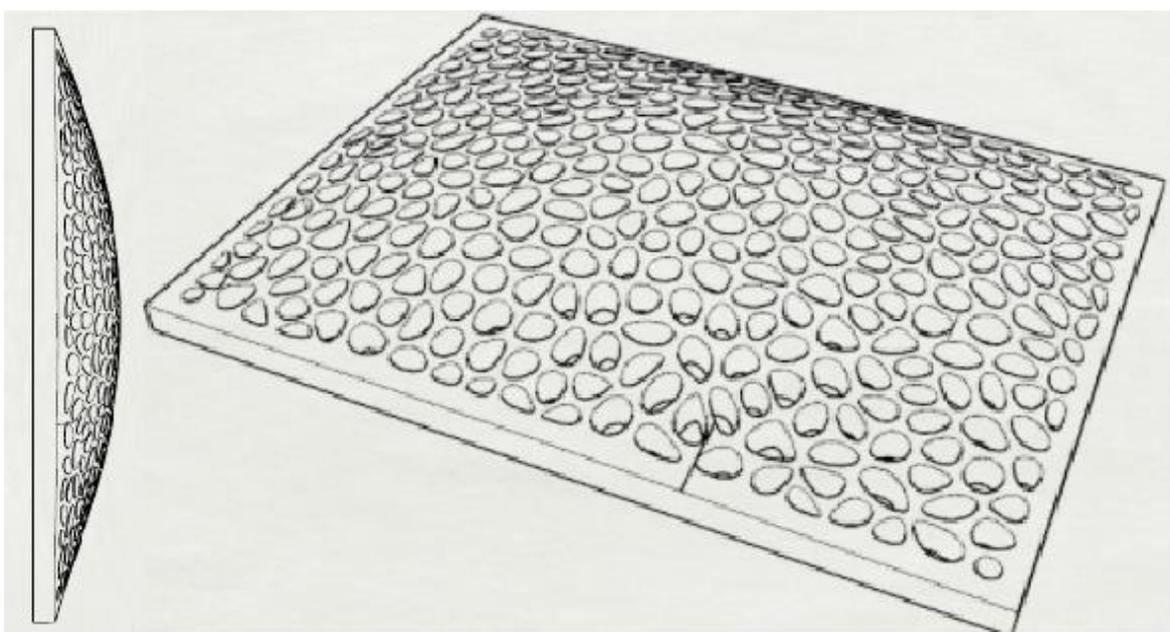
Figura 14: Fibra de vidro e tecido de fibra de vidro.



Fonte: Google Imagens

A partir da mistura das alternativas 4 e 5 (Figura 13) e a escolha da malha que servirá como filtro no produto, iniciou-se a modelagem do modelo paramétrico no *Grasshopper*, plugin dentro do *Rhinceros* um software de modelagem 3D. O modelo do permitiu desenvolver o padrão na superfície da peça.

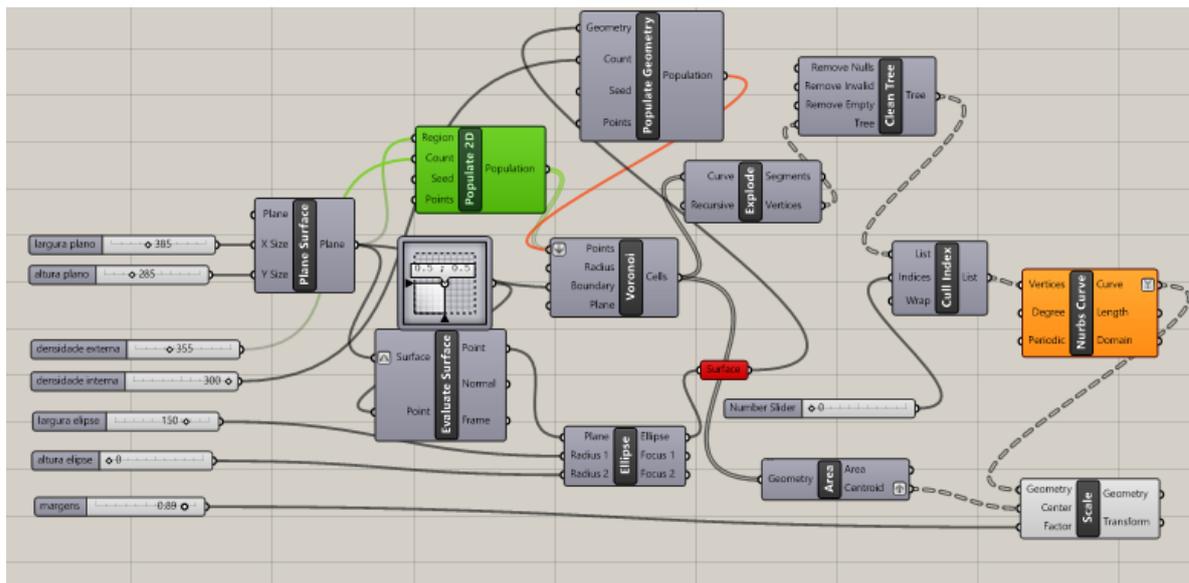
Figura 15: Esboço da modelagem 3d utilizando o Grasshopper.



Fonte: Autoral.

A geometria usada utiliza o modelo *Voronoi* que é um script matemático desenvolvido a partir de uma nuvem de pontos. Em cada região, existem pontos onde as bordas são equidistantes considerando um ponto e outro. A escolha desse padrão se justifica pelo resultado final ser de formas geométricas que servem como micro elementos vazados (Du et al., 1999; Oxman, 2010). O diagrama gerado pode ser visto abaixo:

Figura 16: Script gerado pelo Grasshopper.

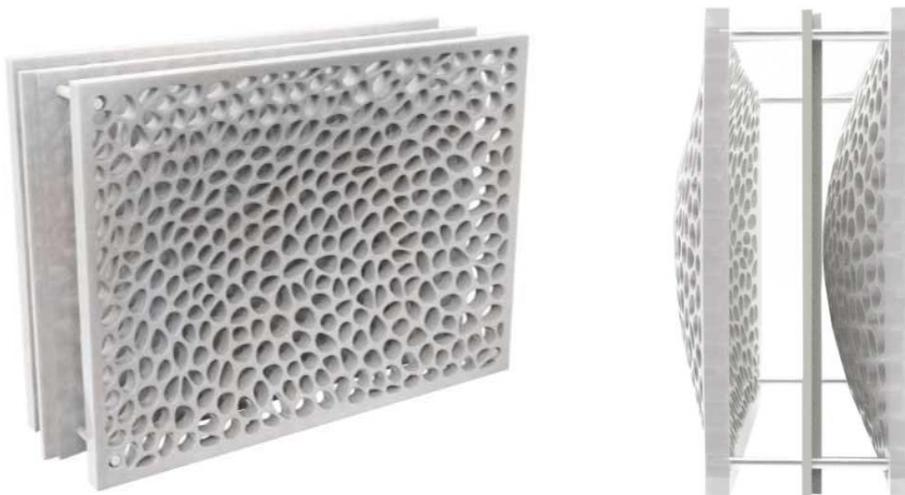


Fonte: Autoral.

3.5 Avaliar

Nesta secção, tem-se a solução final proposta. A pesquisa de materiais para o produto levou em consideração os requisitos de projeto estabelecidos junto ao *briefing* desenvolvido. O concreto mostrou-se um material resistente e eficaz, e para filtragem de partículas será utilizado o tecido de fibra de vidro que ficará na camada central no interior do produto. Essa malha composta por tramas entrelaçadas servirá como um filtro que retém as partículas de poeira que passam pelo interior do produto.

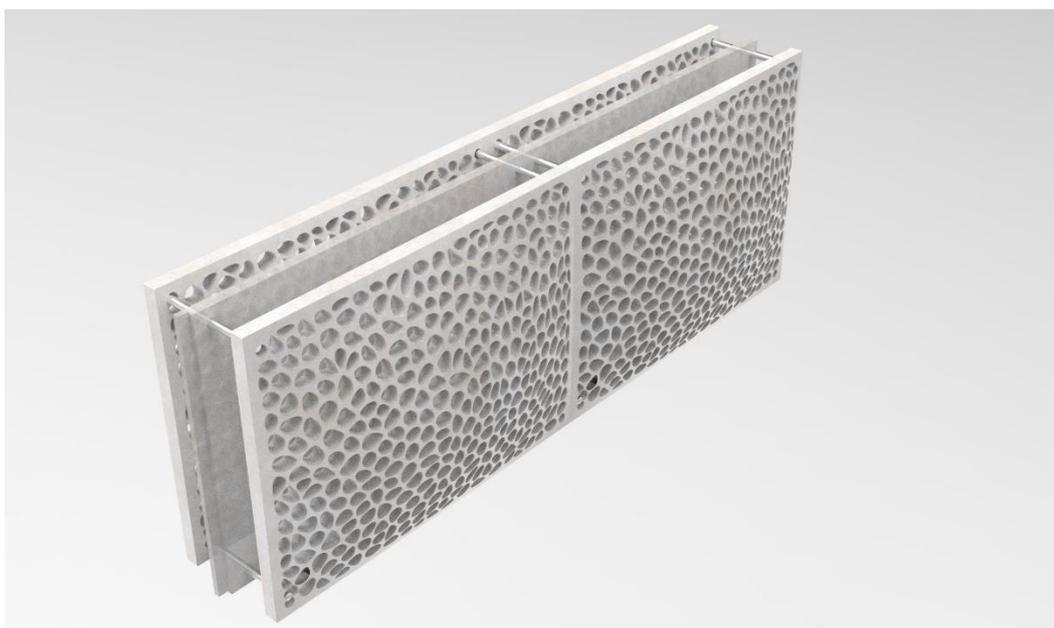
Figura 17: Resultado do produto.



Fonte: Autoral.

A montagem do elemento vazado na parede poderá ser realizada por fixadores *spider glass* na parte interna do produto nas extremidades do módulo, e o encaixe das três camadas do produto acontece por um pino de aço que interliga as três superfícies do produto de modo que fique unido. A modularidade também se mostra uma forma eficaz de prolongar a vida útil do produto já que facilita sua montagem e desmontagem. O elemento vazado com as três camadas juntas obteve as medidas finais de 30cm x 40 cm. A altura das camadas externas do elemento, onde o padrão *Voronoi* foi aplicado atingiu individualmente 1,5 cm de espessura.

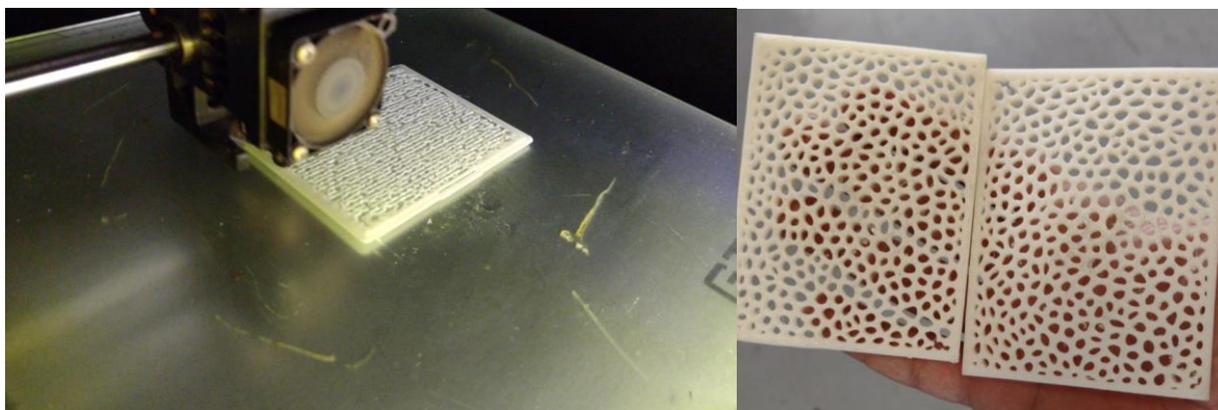
Figura 18: Elementos encaixados.



Fonte: Autoral.

O modelo físico serviu para verificar a volumetria do produto, bem como avaliar o padrão utilizado na superfície foi desenvolvido na impressora 3D. O material utilizado foi o polímero e a escala de redução foi 1:4.

Figura 19: Modelo em escala.



Fonte: Autoral.

4 Considerações finais

A natureza é uma fonte inesgotável de inspiração sendo possível além de observá-la, imitá-la e aprender com ela. A natureza enquanto modelo, medida e mentora inaugura uma nova forma de projetar produtos que utilizem de soluções e estratégias mimetizadas do meio natural. Através dos resultados da metodologia apresentados neste trabalho, desenvolveu-se analogias que auxiliam na concepção de uma ideia aplicável a um elemento vazado que imita as características estruturais, formais e funcionais de um modelo natural. Baumeister (2013) afirma que o método Biomimético considera não somente para quem o produto se destina ou o uso final da solução encontrada, mas também como o projeto funcionará no tempo e no espaço.

A criação do elemento vazado inteligente inaugura uma nova tipologia de produto que se integra com o ambiente do qual está inserido trazendo melhora na qualidade de vida. É importante ressaltar ainda que há necessidade de contínuos estudos para avançar em direção à validação dos índices do ar com a aplicação do produto. Para um próximo estudo, sugere-se investigar a efetividade da solução através de testes técnicos da malha filtrante. É possível também considerar uma ampliação do local de uso do produto, não se restringindo apenas à ambientes internos, mas também ambientes externos. Aumentando assim, a quantidade de ar filtrado no ambiente melhorando consequentemente a qualidade de vida do usuário.

Por fim, vale ressaltar que o equilíbrio ambiental será possível apenas se houver um desenvolvimento sustentável das empresas e organizações. Em uma economia crescente e baseada na exploração de recursos naturais finitos, aprender com a natureza faz ainda mais sentido, ressoa, responde perguntas e cria oportunidades.

Referências

American lung association. **Indoor Air Quality and its Effects on Health**. Asthma magazine 2000; 5(5):22-23

BAUMEISTER, Dayna. **Biomimicry resource handbook: a seed bank of best practices**. Missoula, Printed in the United States of America, 2013.

BENYUS, Janine. M. **Biomimética: inovação inspirada pela natureza**. 6. ed. São Paulo, Cultrix, 2011.

BIOMIMICRY GUILD. *Biomimicry Newsletter*, 2006b. *The Biomimicry Design Spiral*.
Volume No: 4. Issue No: 1. Disponível em:
<http://biomimicry.typepad.com/newsletter/files/biomimicry_newsletter_v4.1.pdf>
Acessado em abril de 2020.

BONSIEPE, Gui. **Teoria e prática do design industrial: elementos para um manual crítico**. 1992. 362 p. Lisbon: Centro Português de Design.

BORBA, Cristiano; VIEIRA, Antenor. **Cobogó de Pernambuco**. 1 ed. Recife, 2012.

BHUSHAN, Bharat. **Lessons from nature – an overview**. Disponível em:
<http://rsta.royalsocietypublishing.org> 2009.

BROCCO, Giane Cauzzi; "Biomimética: A Natureza Como Modelo, Medida a Mentora para a Transição", p. 119 -128. In: **Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: a Revolução Tecnológica pela Natureza**. São Paulo: Blucher, 2018.

CARMO, Adriano Trotta. **Qualidade do ar interno** / A.T. Carmo, R.T.A. Prado. -- São Paulo: EPUSP, 1999. 35 p. -- (Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/23).

CREMASCO, Marco Aurélio. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. São Paulo: Blucher, 2014.

DELAQUA, Vitor. **Cobogós: breve história e usos**. ArchDaily. 2015. Disponível em:
<https://www.archdaily.com.br/br/768101/cobogo> Acesso em: 04. Dez. 2020

DEYOUNG, Donald; HOBBS, Derrik. **Discovery design: searching out the creator's secrets**. United States of America, Green Forest, Master Books, 2009.

DU, Q.; FABER, V.; GUNZBURGER, M. **Centroidal Voronoi tessellations: applications and algorithms**. SIAM review, v. 41, n. 4, p. 637-676, 1999. ISSN 0036-1445.

FRIEND, Gil. with Nicholas Kordesch and Benjamin Privitt. **The truth about green business**. Upper Saddle River, New Jersey: FT Press, 2009.

GIODA, Adriana. **Poluição Atmosférica e de interiores: influência mútua e seus reflexos na saúde**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

HAMANN, Renan. **Mirasol: tecnologia pretende revolucionar as telas de leitores digitais e tablets**. Fev.2010. Disponível em: Acesso em: 04 ago. 2020.

JONES. **Indoor air quality and health**. Atmos Environ 1999; 33(28):4535-4564.

MATHEUS, Marco Antônio. **Fibra de vidro**. livrostecnicos. com, 2002.

OXMAN, N. **Material-based design computation**. 2010. Massachusetts Institute of Technology

PAZMINO, Ana Veronica. **Como se cria: 40 métodos para design de produtos**. São Paulo: Blucher, 2015.

PEREIRA, Inês, V.M. **Arquitetura biônica, narrativas de analogias biológicas na Arquitetura**. 2013. 171p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Arquitetura, Porto, Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto.

SOARES, Theska. **A biomimética e a geodésica de Buckminster Fuller: uma estratégia de biodesign**. Recife, 2016. 315 p. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Design) – Universidade Federal de Pernambuco.

VERSOS, Carlos. A.M. **Design biônico: a natureza como inspiração criativa**. Dissertação (Mestrado). 2010. 186p – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Departamento de engenharia Eletromecânica. São Paulo: Madras, 2010.

World Health Organization (WHO). **Indoor Air Quality: Organic Pollutants**. EURO Reports and Studies n. 111. Copenhagen; 2010.

World Health Organization (WHO). **9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action**. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>. Acesso em: 04 dez. 2020