

Centro de estudos e pesquisas em design industrial e engenharia reversa: um registro com inserções em biônica e biomimética

Center for studies and research in industrial design and reverse engineering: a register with bionic and biomimetic inserts

Danilo Émmerson Nascimento Silva, Doutor.

danilo-emerson@hotmail.com

Rafael Rattes Lima Rocha de Aguiar, Doutorando.

rafaelrattesaguiar@gmail.com

Resumo

O Centro de Estudos e Pesquisas em Design Industrial e Engenharia Reversa desenvolve investigações a cerca de uma década em algumas linhas de pesquisas, dentre elas, a temática de biônica e de biomimética se faz atuante. O presente texto visa registrar e difundir essa metodologia de trabalho. Temáticas do bioma presente na região Nordeste do país são tratadas em modalidades distintas a partir de técnicas e instrumentos de pesquisas, de observações, de registros em desenhos e de modelagens tradicionais e em aplicativos de informática 2D e 3D, de processos criativos e projetuais. Espera-se, com isso, divulgar práticas e dinâmicas investigativas em Curso de Design no que concerne à biônica e à biomimética nesta Instituição de Ensino Superior.

Palavras-chave: Design Industrial; Engenharia Reversa; Biônica e Biomimética.

Abstract

The Center for Studies and Research in Industrial Design and Reverse Engineering develops research on a decade in some lines of research, among them, the bionic and biomimetic issues become active. The present text aims to record and disseminate this methodology of work. Thematic areas of the biome present in the northeastern region of the country are treated in different modalities from techniques and instruments of research, observations, records in drawings and traditional models and in 2D and 3D computer applications, creative and design processes. It is hoped, therefore, to disseminate research practices and dynamics in the Design Course in relation to bionics and biomimetics in this Institution of Higher Education.

Keywords: Industrial Design; Reverse Engineering; Bionic and Biomimetic.

1. Introdução

Situado no município de Caruaru, região Agreste do estado de Pernambuco, encontra-se vinculado ao Curso de Design da Universidade Federal de Pernambuco, do Centro Acadêmico do Agreste (UFPE-CAA), o Centro de Estudos e Pesquisas em Design Industrial e Engenharia Reversa. Foi formalizado junto ao Diretório dos Grupos de Pesquisas no Brasil, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DGP-CNPq), durante o início do ano de 2014, embora a origem do projeto ocorreu internamente a esta IES em 2009 com desdobramentos iniciais das linhas e pesquisas desenvolvidas na atualidade.

Atualmente, o grupo de pesquisa possui sete linhas abarcando algumas possibilidades de inserções com Design Industrial, a saber: i) Design Industrial e Engenharia Reversa; ii) Design Industrial e Novas Tecnologias; iii) Design Industrial e Inovação Tecnológica; iv) Design Industrial e Cultura Material; v) Design Industrial e Produtos Sociais; vi) Design Industrial e Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP); e, vii) Design Industrial e Biônica.

O presente artigo visa fazer um registro desta referida linha de pesquisa “Design Industrial e Biônica”. Portanto, não faz parte do escopo deste artigo uma revisão e fundamentação teórica aprofundada por se entender que já se tem feito de modo amplo e demasiado em outros locais adequados. A finalidade deste artigo paira no que concerne à descrição de uma metodologia de trabalho existente em espaço didático-pedagógico inserido no ambiente acadêmico.

2. Uma breve descrição metodológica

A referida linha de pesquisa em questão, embora já estivesse sendo desenvolvida pelo grupo de pesquisa, uma vez que a biônica e a biomimética sempre foi um assunto evidenciado no design desde os aspectos de fontes de inspiração ao processo criativo e projetual, mas, sobretudo de interesses em pesquisas delimitadas e aprofundadas a respeito da sustentabilidade universal e local ganhou uma defesa peculiar e interessante em Silva (2014). O autor não apenas associou design industrial com biônica e biomimética, mas evidenciou estudos de pesquisadores atrelando a engenharia reversa – termo e metodologia bastante comum em áreas tecnológicas e projetuais – ao conhecimento de como funcionam organismos, sistemas e estruturas naturais.

Tal “descoberta” serviu para correlacionar áreas aparentemente distintas por intermédio da essência do que ambas desenvolvem. Tanto a engenharia reversa como a biônica e a biomimética se preocupam em conhecer o funcionamento de algo, como interagem seus sistemas, como se comportam as estruturas e, assim por diante, visando a replicação desse conhecimento em inovações de diversas ordens e grandezas. A tese de Silva (2014), por exemplo citava a expressão engenharia reversa destacada em estudos de pesquisadores sobre o funcionamento de partes do corpo humano, de células do organismo e de eventos internos como doenças, sonhos, fluxos dentre outros casos, *vide* Eriksson et al (2010), Schierwagen (2012), Stolovitzky et al (2007), Marbach et al (2009) e Ahn et al (2006).

Diante dessa premissa percebeu-se que quem faz, investiga ou se debruça com biônica e biomimética também adota práticas e métodos análogos àqueles que desenvolvem

engenharia reversa tradicional e clássica: a diferença está pautada nos objetos de estudos; de um lado elementos naturais e de outros elementos artificiais. A partir disso, tornou-se mais confortável para o grupo de pesquisa reportar sempre que possível engenharia reversa com questões relativas à biônica e à biomimética.

Todas as atividades relativas à biônica e à biomimética do grupo de pesquisa estão fundamentadas em um único pilar. No Brasil, boa parte dos resultados obtidos com essas temáticas é inspirada ou possui associações com elementos da natureza distantes ou fora dos ecossistemas pertencentes. Portanto, as fontes de buscas, de consultas, de pesquisas, de análises e de investigações desse grupo de pesquisa tem a premissa básica de fazer parte do ecossistema e do bioma da Região Nordeste, especialmente, existentes no estado de Pernambuco. Por exemplo, não nos serve como fonte de estudo o urso polar e suas propriedades porque não condiz com a realidade do Nordeste brasileiro. Para esse grupo de investigadores se tem prioridade em estudar, por exemplo, o tatu-bola, o mandacaru, o bicho-pau, a planta comigo-ninguém-pode dentre tantos outros casos. Sabe-se também que alguns desses exemplos, dentre tantos outros, são originários de outros países ou continentes, mas que foram trazidos e se adaptaram ao clima e vegetação locais.

Fazem parte deste escopo de abordagens de temáticas inseridas desde a faixa litorânea (praias, mares e baías), até as regiões mais afastadas dela caracterizadas por regiões interioranas tais como serranas, de planícies ou de planaltos, além de regiões mais áridas e semi-áridas configuradas por matas, serras, chapadas, rios, lagos, açudes dentre outras caracterizações. A seguir, de modo resumido, foram apresentadas algumas dessas abordagens.

2.1 Atuação concomitante com o componente curricular Projeto de Produto com ênfase em Biônica do citado curso de Design.

O componente curricular Projeto de Produto com Ênfase em Biônica existe no curso de Design da UFPE-CAA desde o ano de 2010 como uma disciplina eletiva quando a ementa permeia a realização e desenvolvimento de produtos cuja solução projetual esteja vinculada às propriedades e princípios de estruturas naturais. Durante esses nove anos vários projetos e temas foram abordados no componente curricular mostrando soluções criativas, inovadoras e de grande potencial de viabilidade técnica, econômica e projetual.

2.2 Atuação concomitante com o componente curricular Análise de Produtos Industriais do citado curso de Design.

O componente curricular Análise de Produtos Industriais existe no curso de Design da UFPE-CAA desde o ano de 2010 também como uma disciplina eletiva quando a ementa permeia a investigação de produtos industriais e inseridos em seus segmentos de mercado. Neste componente curricular a tônica é direcionada à engenharia reversa, no entanto, várias técnicas de investigação das estruturas ou sistemas existentes nos produtos são réplicas artificiais do que ocorre na natureza e em organismos vivos. Durante esses nove anos vários produtos e temas foram abordados no componente curricular demonstrando essa relação dos produtos e sistemas artificiais como uma replicação dos fenômenos e eventos naturais.

2.3 Desenvolvimento de pesquisas em temas diversos relacionando Biônica, Biomimética e Design Industrial.

A cada semestre letivo, seja por demandas instituídas pela coordenação do LABDIER, por demandas externas quer seja por iniciativas dos alunos temas de pesquisas e de investigações são iniciados com diversos desdobramentos. Por exemplo: i) desenhos de observação, desenhos geometrizados e técnicos, composições e geração de padrões bidimensionais ou tridimensionais podem ser gerados aliados às técnicas tradicionais de representação ou aos aplicativos 2D ou 3D de informática; ii) projetos de produtos podem ser concebidos a partir da apropriação dos princípios e das propriedades de elementos da natureza; e, iii) artigos e textos passíveis de publicação e de divulgação das atividades desenvolvidas podem ser confeccionados.

2.4 Orientação de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) do Curso em observância.

Similarmente, de acordo com demandas trazidas por alunos matriculados no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso várias temáticas de TCCs são introduzidas ou redirecionadas às linhas de pesquisas do LABDIER, nesse caso à de biônica e biomimética atreladas ao design industrial e design de produtos.

2.5 Supervisão de estagiários do Curso com atividades associadas à Biônica, Biomimética e Design Industrial.

No que tange aos estágios supervisionados, o LABDIER recebe a partir de um processo seletivo os alunos. As etapas realizadas pelos estagiários permeiam quaisquer atividades associadas à prática profissional de um designer industrial (designer de produtos). Métodos de Design são eleitos a partir de demandas instauradas seguido de um planejamento de etapas dentro de um cronograma letivo. Do mesmo modo, os temas de biônica e de biomimética são apreendidos, reforçados e praticados durante essas vivências.

As tabelas 1 a 5 exemplificam alguns objetos de estudos naturais já explorados pelo grupo de pesquisa mencionado.

Tipo	Nome popular	Nome científico
Plantas	Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i>
	Xique-xique	<i>Pilosocereus gounellei</i>
	Palma	<i>Opuntia cochenillifera</i>
	Espada de São Jorge	<i>Sansevieria trifasciata</i>
	Coroa de Frade	<i>Melocactus zehntneri</i>
	Flor de Maracujá da Caatinga	<i>Passiflora cincinnata</i>
	Cactos	<i>Cereus hexagonous</i>
	Onze Horas	<i>Portulaca grandiflora</i>
	Pudica	<i>Mimosa hispida</i>

Tabela 1: Temas investigados pelos pesquisadores. Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

Tipo	Nome popular	Nome científico
Árvores	Pau Branco	<i>Auxemma oncoalyx</i>
	Caroá	<i>Neoglasiovia variegata</i>
	Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>
	Braúna	<i>Schinopsis brasiliensis</i>
	Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>
	Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i>
	Mangue vermelho	<i>Rhizophora mangle</i>

Tabela 2: Temas investigados pelos pesquisadores. Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

Tipo	Nome popular	Nome científico
Animais	Tatu-bola da caatinga	<i>Olypeutes tricinctus</i>
	Minhoca	<i>Lumbricus terrestres</i>
	Aranha X	<i>Argiope argentata</i>
	Lagartixa caseira	<i>Hemidactylus frenatus</i>
	Calango	<i>Tropidurus torquatus</i>
	Caracol	<i>Helix aspersa</i>
	Embuá	<i>Lulus sabulosus</i>
	Concha do mar	<i>Calliostoma zizyphinum</i>
	Jabuti Piranga	<i>Chelonoidis carbonaria</i>
	Abelha Jataí	<i>Tetragonisca angustula</i>
	Formiga prateada	<i>Cataglyphis bombycinus</i>
	Cobra-cipó	<i>Chironius bicarinatus</i>
	Bicho preguiça	<i>Bradypus variegatus</i>
	Caranguejo de água doce	<i>Trichodactylus fluviatilis</i>
Lacraia	<i>Scolopendra viridicornis</i>	

Tabela 3: Temas investigados pelos pesquisadores. Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

Tipo	Nome popular	Nome científico
Insetos	Vaga-lume “pirilampo”	<i>Lampyris noctiluca</i>
	Mané magro “bicho pau”	<i>Stiphra robusta</i>
	Louva-a-deus	<i>Mantis religiosa</i>
	Grilo Doméstico	<i>Acheta domesticus</i>
	Marimbondo Caçador “Cavalo do cão”	<i>Pepsis Fabricius</i>
	Soldadinho	<i>Membracis trimaculata</i>
	Barata D’água	<i>Lethocerus grandis</i>
	Joaninha	<i>Coccinella septempunctata</i>

Tabela 4: Temas investigados pelos pesquisadores. Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

Tipo	Nome popular	Nome científico
Aves	Arara-Azul	<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>
	Papagaio Resmungador	<i>Amazona amazonica</i>
	Saíra Pintor	<i>Tangará fastuosa</i>
	Pica-Pau	<i>Dryocopus pileatus</i>
	Coruja Rasga Mortalha "suindara"	<i>Tyto furcata</i>
	Gavião Carcará	<i>Caracara plancus</i>

Tabela 5: Temas investigados pelos pesquisadores. Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

3. Um breve relato de Trabalho de Conclusão de Curso

O relato a seguir diz respeito ao primeiro Trabalho de Conclusão de Curso de um acadêmico do Curso de Design defendido no ano de 2013 na UFPE-CAA, vide Aguiar (2013). O referido TCC teve a seguinte estruturação: i) uma parte introdutória; ii) a segunda parte destinada à revisão e à fundamentação teórica; a terceira parte referiu-se à descrição metodológica; a quarta parte foi destinada à apresentação de resultados coletados em laboratório especializado seguida da geração de conceitos passíveis de aplicação em design a partir dos estudos obtidos com a planta mandacaru. Para atender ao propósito deste ensaio e à formatação do documento exigido optou-se por apresentar alguns dados iniciais e contextuais seguido da geração dos conceitos desenvolvidos pelo acadêmico.

O *Cereus jamacaru DC.* é popularmente conhecido no Brasil como mandacaru e pertencente à tribo *Cereeae*. Trata-se de um cacto de característica colunar, apresentando porte arbóreo com capacidade de alcançar até dez metros de altura. Possui tronco multi-ramificado, com artigos fortemente costados e espinhos amarelos com média 20 cm de comprimento, possuem flores grandes, brancas e numerosas, que se abrem à noite nos meses de Janeiro a Agosto, visitadas por morcegos e mariposas, e seus frutos surgem nos meses de Fevereiro a Setembro (LIMA, 1996; ROCHA & AGRA, 2002; RITO et al., 2009).

É uma espécie brasileira distribuída amplamente no Nordeste do Brasil, sendo encontrada desde o Maranhão até a Bahia. Ocorrem em áreas rochosas, solos pedregosos e nos aceiros da mata, exposta ao sol (ROCHA & AGRA, 2002). De acordo com Zappi *et al.* (2012) pode-se dizer que ela se encontra por todo o Nordeste e parte do Sudeste, especificamente nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Entre tantos contextos, o *Cereus jamacaru DC.* é utilizado pelo homem de variadas maneiras conforme apontam os trabalhos de Lima (1996), Andrade (2002), Andrade *et al.* (2006) Silva *et al.* (2011) entre outros, sendo utilizado no uso da alimentação de animais em períodos de seca, alimentação de humanos com seus frutos deliciosos, serve como fonte de madeira (gera tábuas de até 30cm de largura), como ornamento em praças, jardins, ruas e avenidas, e até na medicina, quando associado à patologias do gênero renal e infecção urinária.

Cita-se ainda que além do uso focado na subsistência, há também o uso cultural, onde são encontrados em cartazes, placas, e em nomes de vários estabelecimentos comerciais do

Nordeste através de ilustrações, fotografias, referências de toda ordem acerca do mandacaru, como também, em nomes de diversas vilas e cidades (SILVA *et al.*, 2011).

Nota-se, portanto, a importância desta espécie na vida das populações residentes nas áreas que são abrangidas pela caatinga, como um modo de sustentação da vida. E em contrapartida, infelizmente não há maiores olhares para os estudos e análises desta e todas as outras espécies que compõem o bioma, tomando-as como pontos de partida para melhor entendimento de soluções efetivas que são apresentadas por essas espécies com grande eficiência.

3.1 Resultados

Os resultados aqui propostos são provenientes de uma série de análises de forma macro e microscópica de um ramo novo de *Cereus jamacaru DC.*, referentes à forma, funções e mecanismos, estruturas, entre outros parâmetros, que são encontrados em quatro partes distintas, sendo a estrutura externa no que se refere à parte em macro; e quanto a parte interna, os estômatos e o parênquima. Alcançou-se os resultados desta pesquisa através da proposta metodológica de Kindlein Jr. *et al.* (2002) e imagens oriundas de análise executada em Microscopia Óptica no Laboratório de Farmacognosia da Universidade Federal de Pernambuco, no Departamento de Farmácia, em Recife, Pernambuco.

Para a abordagem dos resultados inclusos nesta pesquisa, o leitor precisa compreender que se trata de um projeto conceitual, onde os materiais, as tecnologias, os custos financeiros, ou outro parâmetro de qualquer gênero que esteja atrelado ao processo de materialização do projeto, não são considerados como os atuais. São, na verdade, alguns conceitos que permitem a ideia da possibilidade de aplicação, da capacidade que a tecnologia poderá demandar à humanidade quando alcançar suporte para tal feito.

A partir de uma visualização de forma macro, fez-se uma relação com a geometria, divergente do restante que foi analisado. Percebe-se que esta estrutura pode contribuir com os ramos da Biônica dos materiais, das estruturas e do clima e da ventilação (ROSENDAHL, 2011) e que mediante as propriedades da Biônica estão para: Estrutura, proteção e sustentação (CD BIÔNICA, 2001 *apud* NASCIMENTO SILVA, 2011). O que permite sua aplicação em diversos tipos de configuração de projetos de produto, pois que sua epiderme apresenta materiais e elementos característicos de eficiência e que asseguram sua segurança e vida, devido ao calor excessivo e herbivoria, entre outros fatores. Da mesma forma se dá a relação da sua morfologia e estrutura com as condições climáticas, onde o sol incide diretamente durante pouco tempo em pequenas áreas do seu corpo, permitindo-o a sua climatização interna e externa. Nesta pesquisa, foi elaborado o conceito de uma residência baseada nestas características do mandacaru.

3.2 Projeto residência

A partir da análise em nível macro de *Cereus jamacaru DC.*, compreende-se que o mandacaru apresenta, normalmente, ramos com nervuras em forma estrelar de cinco pontas.

Assim, verifica-se que a configuração estrutural proveniente das relações geométricas, o permite ter: uma estrutura resistente, no parâmetro de altura, favorecendo-o a combater as intempéries naturais e o aquecimento provocado pela incidência solar direta, dando margem a uma propriedade da Biônica, a termorregulação; a captação de água, também favorecida pelos espinhos e angulação de aproximadamente 72° entre nervuras formando verdadeiras calhas; bem como, sua ponta em forma de abóboda, considerada como uma das estruturas mais resistentes. Desta forma, pode-se atribuir que o mandacaru apresenta uma relação estrutural ao qual um projeto de uma residência não aqueça da mesma forma que as residências tradicionais (bases quadriláteras), e isto se dá por manter várias paredes sombreadas e poucas paredes que sofram incidência solar durante longo tempo, devido ao desenho baseado no mandacaru (estrela). Desta forma, pode ser associado também a, por exemplo, projetos de edificações urbanas, monumentais, assim como, produtos dos mais variados gêneros, como demonstra a Figura 1.



Figura 1: Conceito de residência. Fonte: AGUIAR (2013)

3.3 Estômatos e fios estomáticos

Os estômatos demonstram uma excelente capacidade para suas funções termorreguladoras clima e ventilação, conforme abordam os autores citados acima. Há também a possibilidade de sua aplicação nos ramos das estruturas, quando sua configuração morfológica permite a aplicação em projetos de produtos, cinemática com o seu mecanismo de abertura (movimento), e por fim, processamento, por ser responsável pelas trocas gasosas entre o meio externo e interno, por apresentar estruturas com cloroplastos o que permitem a fotossíntese trazendo energia ao corpo vegetal, entre outros processos intrínsecos à estrutura analisada, que não foram abordados nesta pesquisa.

Disto, elaborou-se outro conceito, sendo este focado na indústria têxtil. Consta de um fio têxtil inteligente que apresenta características singulares para proceder conforme a função da estrutura estudada.

Sabendo que os estômatos apresentam em sua morfologia paredes mais espessas ao longo da fenda estomática, e menos espessa do lado oposto, como também, exhibe microfibrilas em sentido radial, o que favorece a abertura do ostíolo por um estado de turgidez, análogo ao exemplo da mangueira com paredes diferenciadas. Portanto, seu movimento mecânico, baseado nas espessuras das paredes foi associado ao projeto do Fio Estomático. Como esta abertura dos estômatos está dentre de suas funções para a transpiração do corpo vegetal, o Fio Estomático também estará direcionado para este tipo

funcionalidade, quando produzida uma camisa proveniente do tecido com o mesmo, conforme a Figura 2.

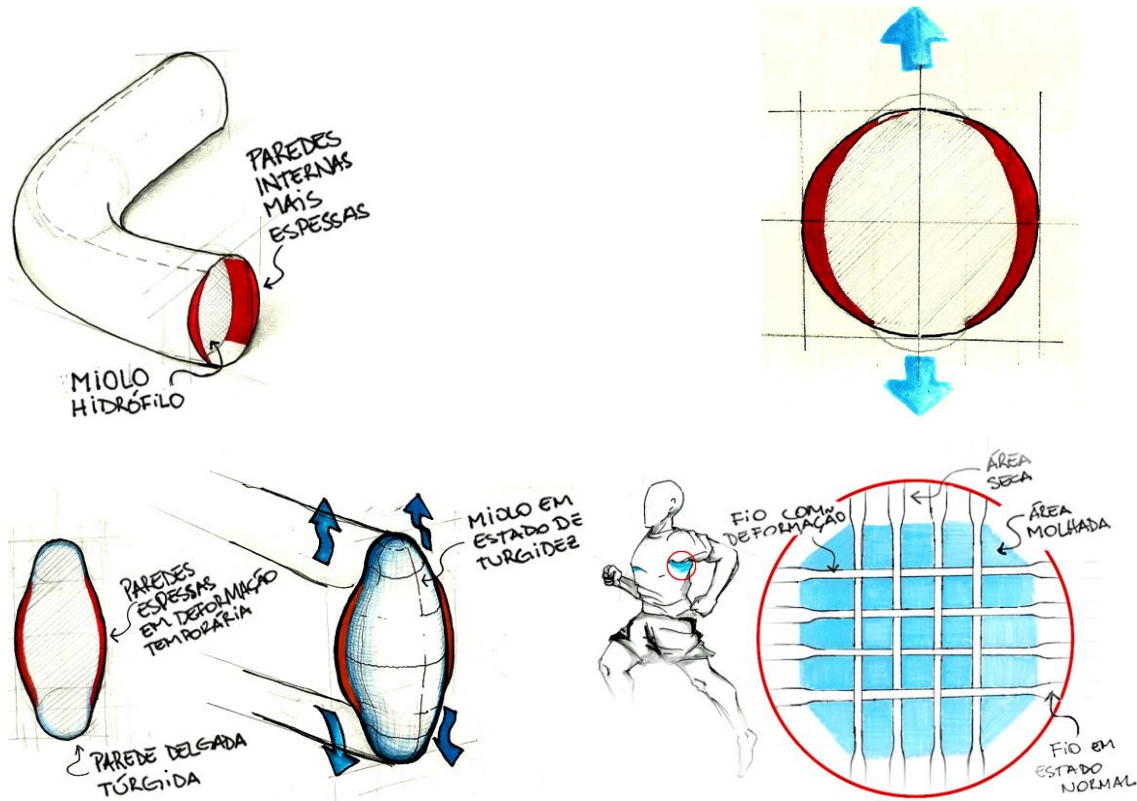


Figura 2: Conceito de fios e tramas têxteis. Fonte: AGUIAR (2013)

Quando se trata do parênquima, pode-se atribuir-lhes quanto aos ramos da Biônica: dos materiais, das estruturas e de processamento. Por ser considerado como tecido de preenchimento e fundamental, sua capacidade estrutural se torna evidente destacando a sua propriedade de sustentação. Basicamente, se encontra nas partes mais internas do corpo do vegetal, onde retém água e nutrientes para a planta sobreviver, cuja a capacidade, nesse caso, de alimentação, elasticidade e filtragem. Assim, dá margem a elaboração de materiais propícios a projetos de produtos que tenham o foco na solução de problemas com estes valores, seja para suprir algum mecanismo (alimentação), seja pela sua elasticidade pela diferença de estado de turgidez ou filtragem por manter os alimentos necessários em sua estrutura, exalando o que não precisa.

3.4 Vaso hidrofílico

Conforme visto nas análises em laboratório, os parênquimas encontrados no mandacaru são classificados como parênquima aquífero e amilífero, portanto, este conceito foca nas suas funções já vista na primeira parte deste trabalho. Pelas análises o parênquima aquífero se encontra na nervura central, e supõe que está em contato direto com o xilema devido às funções deste último. Já o parênquima amilífero compõe o restante o corpo do vegetal a

partir da nervura central até a camada espessa da epiderme, contendo amido e cloroplastos (fotossintetizante).

O conceito apresentado na Figura 3 se trata de um vaso de planta que tem a capacidade de indicar ao usuário que ele está necessitando de água. Haja vista que o parênquima tem a capacidade de flexibilidade de acordo com a quantidade de água que o mesmo apresenta (retenção), o vaso hidrófilo também carrega em si esta função.



Figura 3: Conceito de vaso. Fonte: AGUIAR (2013)

É importante ressaltar que se atribui outras funções mais determinadas às estruturas quanto à parte fisiológica, no entanto, na presente pesquisa, tais funções foram baseadas no apanhado teórico coletado e relatado. É sabido que existem outras influências quanto às funções, tais como processos químicos, hormonais, dentre outras, mas foram hierarquizadas as que se apresentam de forma mais mecânica.

Vale ressaltar que nela estão apenas alguns resultados, mediante a vastidão de possibilidades para aplicação em design, mas não significam ser de ordem absoluta, no que se permitem a modificações, exclusões e adições de novos conceitos.

Conclusão

Estudos e pesquisas envolvendo a biônica e o design industrial já existem há décadas no país. Desde os anos da década de 1980 ocorrem registros de abordagens similares no antigo curso de Desenho Industrial da Universidade Federal de Pernambuco, atualmente, denominado de Design. Recentemente, no Programa de Pós-Graduação em Design dessa mesma IES essa temática ganhou espaço importante notadamente ampliado pela adoção da biomimética.

Em 2010, essa temática foi introduzida à unidade do Centro Acadêmico do Agreste da mesma IES. O diferencial existe por causa das fontes de análises e de estudos ser uma exigência ao bioma e ecossistema da região Nordeste brasileiro. Isso faz uma grande diferença, pois desmistifica várias questões: i) de que as fontes distantes são mais importantes que as locais; ii) de que as fontes locais são tão ricas e interessantes quanto aqueles exemplos mais distantes e universais; iii) de que existe uma gama e variedade de

fontes locais pouco exploradas e muitas desconhecidas do meio acadêmico-científico; iv) o conhecimento dessas fontes pelos envolvidos e, posteriormente, divulgados a terceiros insere o grupo de pesquisa com determinado grau de pioneirismo e de protagonização dessa abordagem; e, v) o grupo de pesquisa assume papel preponderante na investigação, divulgação, conservação e discurso sustentável pelo conhecimento e respeito ao bioma e ecossistema nordestinos com vincula aos estudos de biônica e de biomimética.

Referências

AGUIAR, R. L. R. de. **Mandacarú: um princípio pró-design**. Trabalho de Conclusão de Curso dependido no Curso de Bacharelado em Design. Caruaru: UFPE-CAA, 2013.

AHN, D-G. et al. **Rapid prototyping and reverse engineering application for orthopedic surgery planning**. In *Journal of Mechanical Science and Technology (KSME Int. J.)*. Vol. 20, n. 1, pp. 19-28, NuriMedia Co. Ltd., 2006. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-1-4419-1619-6>> Acesso em 03.04.2013

ANDRADE, C. T. **Um Estudo Etnobotânico da Conexão Homem/Cactácea no Semi-Árido Bahiano**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Feira de Santana, BA, 2002.

ANDRADE, C. T. S.; MARQUES, J.G.W; ZAPPI, D.C. **Utilização medicinal de cactáceas por sertanejos baianos**. In: Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.8, n.3, p.36-42, 2006.

ARRUDA, A. J. V. **O que é Biônica?**. In: Revista Arte Comunicação. v.1, n.1, p.19-24, jun. 1994. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1994.

ERIKSSON, A. et al. **Determining interaction rules in animal swarms**. In *The International Society for Behavioral Ecology*, da Universidade britânica de Oxford, [Behav Ecol 21:1106–11 (2010)]. Disponível em: <<http://beheco.oxfordjournals.org/>> Acesso em 07.03.2013.

KINDLEIN JR., W.; GUANABARA, A. S.; SILVA, E. A. da; PLATCHECK, E. R. **Proposta de uma metodologia para o desenvolvimento de Produtos Baseados no Estudo da Biônica**. In V Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2002.

LIMA, A. M. de. ; ANDRADE, M. G. de. **A natureza e sua interface com o design**. ANAIS DO P&D DESIGN 2002 – 1º Congresso Internacional de Pesquisa em Design. 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Associação de Ensino de Design do Brasil (Textos referentes à sessão técnica Ecodesign). Vol. 3. Rio de Janeiro: AEnD-BR, 2002.

LIMA, J. L. S. de. **Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades**. Petrolina-PE: EMBRAPA-CPATSA/PNE/RBG-KEW, 1996.

MARBACH, D. et al. **Replaying the Evolutionary Tape: Biomimetic Reverse Engineering of Gene Networks, The Challenges of Systems Biology**. In *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1158: 234–245, 2009. Disponível em: <<http://infoscience.epfl.ch/record/114966/files/Marbach%202009%20Ann%20NY%20Acad%20Sci.pdf>> Acesso em: 10.08.2013

NASCIMENTO SILVA, D. É. **Princípios da Biônica**. Caruaru: Universidade Federal de Pernambuco, 2011. Material didático adaptado do CD Biônica 2001 produzido pelo LDSM/UFRGS, 63 slides, color. Acompanha texto.

OLIVEIRA, E.; LANDIM, P. **Biônica e Biomimética: diferenças e aproximações à luz da sustentabilidade**. Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, 2011 set 11-13, Recife. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2011.

RITO, K. F.; ROCHA, E. A.; LEAL, I. R.; MEIADO, M. V. **As sementes de mandacaru têm memória hídrica?** In: Boletyn de La Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas. v.6, n.1, p26-31, jan/abr, 2009.

ROCHA, E. A.; AGRA, M. de F. **Flora do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil: Cactaceae juss.** In: Acta Bot. Bras., vol.16, n.1, p.15-21, jan 2002.

ROSENDAHL, S. **A Disciplina de Biônica no Curso de Design na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias**. Caleidoscópio - Revista de Comunicação e Cultura, América do Norte, 0, Jul. 2011. Disponível em: <<http://revistas.ulusofona.pt/index.php/caleidoscopio/article/view/2294/1803>>. Acessado em: 01 Mai. 2012.

SCHIERWAGEN, A. **On reverse engineering in the cognitive and brain sciences**. In *Natural Comput* (2012) 11:141–150 Published online: 10 February 2012; Springer Science+Business Media B.V. 2012. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/215886746_On_Reverse_Engineering_in_the_Cognitive_and_Brain_Sciences> Acesso em: 18.05.2013

SILVA, D. É. N. **O design industrial e as engenharias: uma possibilidade de integração por intermédio da engenharia reversa**. Tese de doutorado defendida no Programa de Pós-graduação em Design. Bauru: UNESP, 2013.

SILVA, S. R. *et al.*(org.). **Plano de ação nacional para a conservação das Cactáceas**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, 2011.

STOLOVITZKY, G. et al. **Dialogue on Reverse-Engineering Assessment and Methods The Dream of High-Throughput Pathway Inference** publicado em *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1115: 1–22, 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1196/annals.1407.021/pdf>> Acesso em 03.06.2013.

ZAPPI, D., TAYLOR, N., MACHADO, M. **Cactaceae** in *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB001447>>. Acessado em: 26 abr. 2012.