

Figura 8. Caminos del *Biomimicry thinking* (pensamiento biomimético) (Fuente: Biomimicry Institute).

Según Queiroz *et al.* (2016), en el método de diseño para biología, los pasos se siguen en el sentido de las agujas del reloj, como puede verse en la figura anterior.

Comienza con la identificación del problema –la búsqueda de una solución inspirada en la naturaleza– la abstracción de la idea en un concepto –el paso siguiente es la fase de emulación– y, por último, la validación de las hipótesis (*ibidem*, p. 135).

En cuanto al método de biología para el diseño, el camino que seguirá el diseñador es más libre, y puede empezar por cualquier etapa y avanzar hasta la más favorable para el proyecto. También es un método que requiere que el equipo sea interdisciplinar. Como menciona el autor:

En el segundo caso, la Biología para el diseño, el diseñador puede ir de un campo a otro sin estar atado a una secuencia, y el proceso debe tener lugar según las necesidades. Cuando se descubre algún principio natural aleatorio, se visualiza una aplicación de ese concepto para resolver un problema concreto, sea en diseño, arquitectura, ingeniería o muchos otros casos (*ibidem*, p. 135).

Ambos métodos tienen sus caminos indicados en las imágenes anteriores, pero la intención es que este proceso se repita varias veces para optimizar el proyecto. Para este estudio se utilizó el biomimicry thinking, siguiendo el método biología para el diseño o el desafío de la biología.

Métodos y técnicas

El método biomimético siguió los siguientes pasos con algunas adaptaciones que fueron necesarias debido a la orientación del proyecto.

ACTIVIDAD 1: Revisión bibliográfica y Selección de muestras / Recogida de muestras;

ACTIVIDAD 2: Observación de las Muestras (Componentes, Estructura y Morfología);

ACTIVIDAD 3: Parametrización de las muestras seleccionadas;

ACTIVIDAD 4: Aplicación del Diseño mediante el desarrollo de nuevas soluciones;

ACTIVIDAD 5: Realización de los modelos de prueba (*mockup* e impresión 3D).

ACTIVIDAD 1-(Visita a la Carpoteca de la Universidad Federal de Paraíba-UFPB)

El 17 de febrero de 2023 se realizó una visita a la Carpoteca de la UFPB en el campus de Areia – PB. Esto sucedió de la siguiente manera: el equipo de investigación intentó averiguar, a través de una búsqueda virtual, dónde podría obtener ayuda especializada para responder a cualquier pregunta y orientar el proyecto sobre los frutos y semillas con los que trabajar. Se contactó con dos especialistas.

Para obtener información sobre qué semillas y frutos abordar en el proyecto, se contactó con Guilherme de Pádua, que trabaja en el laboratorio de semillas de la Universidad Federal de Campina Grande, en el campus de Areia/PB. A través de este contacto, fue proporcionado diversos documentos sobre frutas y semillas, que se utilizaron como base teórica. A partir de esta bibliografía, se identificó los frutos y semillas con las características requeridas para el trabajo se clasificaban como frutos secos.

También se contactó la profesora Dilma Maria de Brito Melo Trovão, una de las coordinadoras del laboratorio de investigación botánica de la Universidad Estatal de Paraíba-UEPB. Ella aconsejó al equipo que buscara una carpoteca, que es una colección científica de frutos conservados en tarros de cristal, con información biológica sobre las especies.

Se estableció contacto con la profesora Lenyneves Duarte Alvino de Araújo, del Departamento de Biociencias del CCA (Centro de Ciencias Agrarias), que organizó una visita a la colección de frutos de la UFPB. El responsable técnico de la carpoteca, el Sr. Pedro da Costa Gadelha Neto, se mostró dispuesto a presentar las muestras y a hablar sobre las especies de frutos secos. El equipo analizó la forma y tomó medidas de las muestras, tratando de observar las diferentes formas en que los frutos secos almacenan sus semillas. Tras una selección preliminar, se realizó un estudio fotográfico para registrar y utilizar posteriormente las informaciones. Otro punto importante era identificar el fruto por su nombre científico (*Ver Figura 9*).



Figura 9.
Equipo de análisis de muestras y grabación de imágenes (Fuente: Preparado por los autores).

ACTIVIDAD 2-(Selección de frutos secos)

Entre los frutos vistos por el equipo, se definieron en debate los más adecuados para diseñar el envase. Los criterios para la elección fueron los siguientes: todos los frutos debían tener características diferentes en cuanto a forma, capacidad de almacenamiento de semillas y organización de las semillas en su interior, y los frutos no debían pertenecer a la misma familia. Teniendo en cuenta estos criterios, se eligieron los frutos secos del mulungu, pe-reiro, timbaúba y balãozinho (Ver Figura 10).



Figura 10. Frutos secos seleccionados (Fuente: Preparado por los autores).

ACTIVIDAD 3-(Generación de formas)

Una vez seleccionados los frutos, se inició la fase de diseño del envase, tomando como referencia las características formales presentes en sus estructuras. A priori, se realizaron estudios mediante dibujos para conocer la geometría y las características de almacenamiento de las semillas (Ver Figura 11).

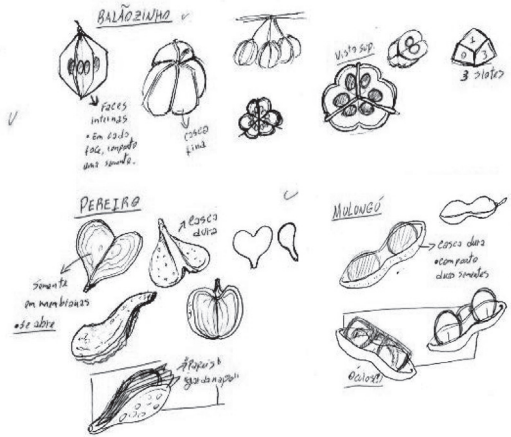
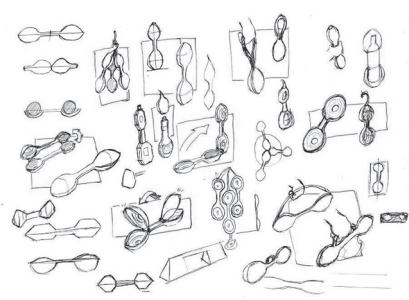
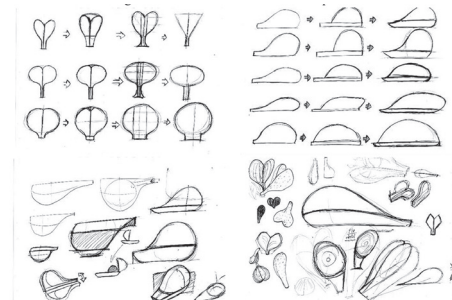


Figura 11. Estudio de los frutos secos balãozinho, pereiro y mulungú (Fuente: Preparado por los autores).

Después vino la variación de las formas. Se realizaron una serie de estudios en diseños (sketches), centrados en la geometrización y la simplificación. En esta fase, cada semana se analizaba en reunión un fruto a la vez. De este modo, el proceso de incubación de ideas se hizo más largo y productivo (Ver Figuras 12, 13, 14, 15 y 16).

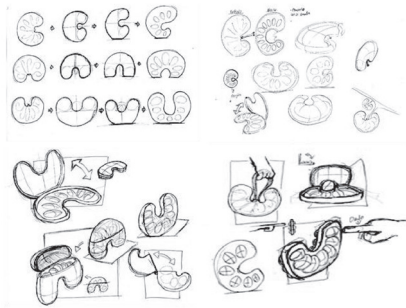


12

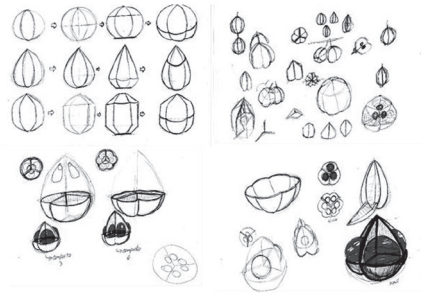


13

Figura 12. Estudio de la forma del mulungú (Fuente: Preparado por los autores). **Figura 13.** Estudios sobre la forma del Pereiro (Fuente: Preparado por los autores).



14



15

Figura 14. Estudios de la forma de la timbaúba (Fuente: Preparado por los autores). **Figura 15.** Estudios de la forma del balãozinho (Fuente: Preparado por los autores).

Tras debatir todas las ideas en reuniones presenciales, se seleccionaron las alternativas sobre las que se iba a trabajar. A partir de las formas, se realizaron brainstorms (lluvias de ideas) para definir la función de cada carcasa diseñada, llegando a las siguientes opciones:

- Mulungu: envase para pelotas de tenis;
- Pereiro: envase para bolsitas de té;
- Timbaúba: envase para bombones;
- Balãozinho: envase para papaya.



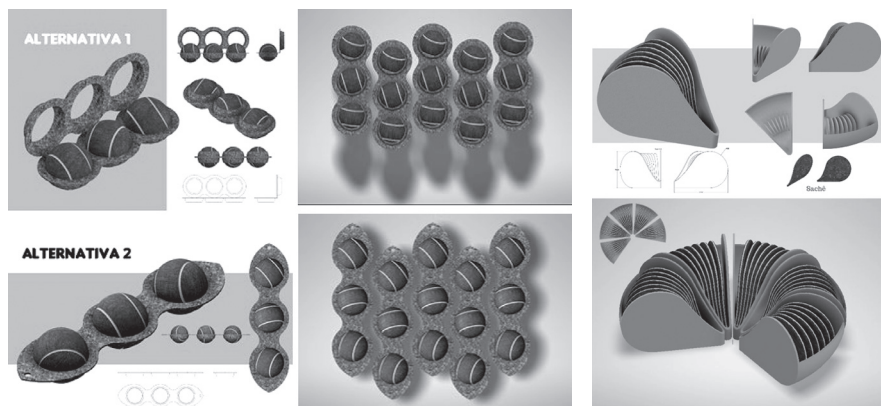
Figura 16.
Reuniones de debate
(Fuente: Preparado
por los autores).

ACTIVIDADES 4 y 5-(Aplicación del diseño / Modelado 3D y Mockups)

Tras la fase de ideación, se afinaron las alternativas seleccionadas utilizando la herramienta de modelado 3D. Utilizando el Software Inventor, se diseñó un estudio tridimensional de las carcasas teniendo en cuenta las formas y medidas de los productos que se envasarían.

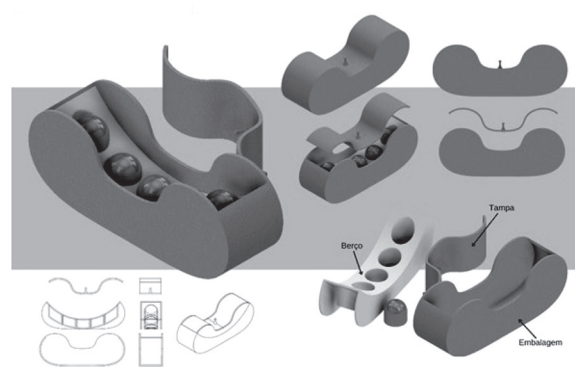
Presentación de resultados

(Ver Figuras 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24).

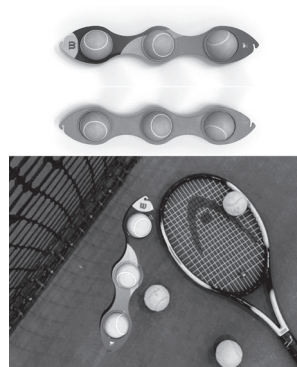


17

18

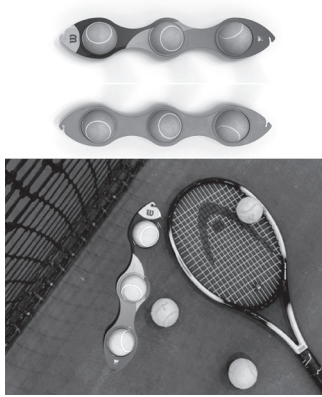


19

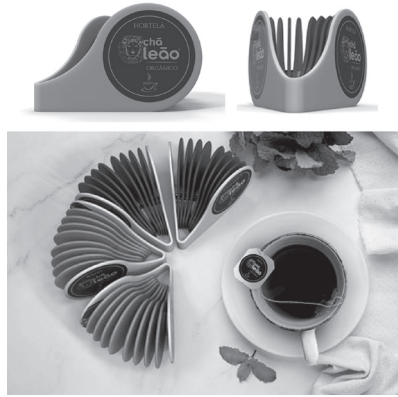


20

Figura 17. Mulungu - Envase para pelotas de tenis (Fuente: Preparado por los autores). **Figura 18.** Pereiro - Envase para bolsitas de té (Fuente: Preparado por los autores). **Figura 19.** Timbaúba - Envase para chocolate (Fuente: Preparado por los autores). **Figura 20.** Balãozinho - Envase para papaya (Fuente: Preparado por los autores).



21



22



23



24

Figura 21.

Rendimiento del envase para pelotas de tenis (Fuente: Preparado por los autores).

Figura 22.

Rendimiento del envase para bolsitas de té (Fuente: Preparado por los autores).

Figura 23.

Rendimiento del envase para chocolate (Fuente: Preparado por los autores).

Figura 24.

Rendimiento del envase para papaya (Fuente: Preparado por los autores).

Conclusión

A partir de la investigación se desprende que, para obtener un resultado satisfactorio, el método biomimético puede sufrir ajustes y adaptaciones en función del tipo de producto a desarrollar. Sin embargo, siempre se debe mantener el foco en el propósito inicial, en este caso, analizar la forma y la estructura interna de los frutos secos del seminario brasileño para contribuir al desarrollo de embalajes para productos industriales. Como resultado de la investigación, fue posible presentar cuatro propuestas de envases para diferentes segmentos del sector industrial: pelotas de tenis, bolsitas de té, chocolates y papaya, mostrando todo el potencial creativo del uso de la bioinspiración para diseñar envases innovadores. Se concluye que los objetivos planteados al inicio de la investigación fueron

alcanzados satisfactoriamente, dada la versatilidad de formas y sistemas que presentan los envases desarrollados. La bioinspiración se considera un enfoque con un gran potencial creativo y debería incluirse en los planes de estudio de diversas carreras, como diseño, arquitectura y urbanismo, además de ingeniería.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con el apoyo del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil (CNPq), en el marco del programa PIBIC/CNPq-UFCG.

Referencias bibliográficas

- Bernett, A. (2015). Biomimética, bioutilização, Biomorfismo: as oportunidades da inovação bioinspirada. Terrapin Bright Green. Disponível em: <<https://www.terrapinbrightgreen.com/blog/2015/01/biomimicry-bioutilization-biomorphism>>. Acesso em: 07 de Jun. 2023.
- Benyus, J. M. (1997). Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza. Trad. Milton Chaves de Almeida, Editora Cultrix, São Paulo.
- Broeck, F. V. (1989). O uso de analogias biológicas. Revista Design e Interiores. São Paulo: n.15, p.97-100.
- Liu, H.; Ravi S.; Kolomenskiy D.; Tanaka H. (2016). Biomechanics and biomimetics in insect-inspired flight systems. Phil. Trans. R. Soc. B 371. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0390>>. Acesso em 30 de agosto de 2022.
- Nicolau, R. R. A. (2013). ZOOM: Design, Teoria e Prática. João Pessoa: Ideia. 201 p. Disponível em: <<http://www.insite.pro.br/elivre/zoomraquel.pdf>>. Acesso em: 27 de Jun. 2022.
- Manzini, E.; Vezzoli, C. (2008). O Desenvolvimento de produtos sustentáveis. Tradução de Astrid de Carvalho. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Moraes, D. A. A. A natureza como fonte de inspiração criativa para o design. In: Congresso Nacional de Pesquisa em Design, 2008, Rio de Janeiro. Anais do 6o Congresso Nacional de Pesquisa em Design. Rio de Janeiro: ANPDesign, 2008. p.15.
- Queiroz, N. *et al.* (2010). Biónica e Biomimética no Contexto da Complexidade e Sustentabilidade em Projeto. Editora Blucher. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- Sá, A. A. M. D. Ferramentas da Biomimética no Design: Aportes da natureza para a prática projetual. 2021. Dissertação (Mestrado) - PPG Design - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
- Shelley, C. (2015). Biomorphism and Models in Design. In: Magnani, L.; Li, P.; Park, W. (Eds.). Philosophy and Cognitive Science II. Studies in Applied Philosophy, Epistemology and Rational Ethics, vol. 20. Cham: Springer. p. 159.
- Stone, R. B.; Wood, K. L.; Jenson, S. C.; Tilmes, B.; Mchenry, M. P. (2014). Biomimicry: Using Nature to Inspire Sustainable Innovation. Interface Focus, v. 4, n. 2.

- VDI (2014). *Bionik: Lehren, Lernen und Anwenden*. Norma técnica alemã VDI 6220. Düsseldorf, Alemanha: Verein Deutscher Ingenieure.
- Viana, J. M. (2015). *Desenvolvimento de materiais para isolamento térmico com base em biomimética*. Dissertação (Mestrado), Mestrado Internacional em Sustentabilidade do Ambiente Construído – Universidade do Minho (Portugal).

Abstract: The project aimed to study the structures of the envelopes of fruits and seeds from the Brazilian semi-arid region, with the objective of understanding the process of internal organisation of natural elements, for the development of bio-inspired packaging for industrial products, taking into account the relationship between form and function. In order to carry out the research, samples of seeds and fruits characteristic of the semi-arid region of Northeast Brazil were first collected. From the various specimens analysed, four were selected whose formal characteristics were very different and favoured the study: among them Mulungu, Pereiro, Timbaúba and Balãozinho, all native species of the Brazilian semi-arid. The samples were then analysed according to their morphology and natural structure, and parameterised with the help of a computer programme. With this information defined, we embarked on a creative exercise of Analogy, where the natural systems studied were compared with possibilities of application in the packaging of various products. Finally, the selected alternatives were modelled in 3D on the computer and test models were made using 3D printing. As a result, 4 bio-inspired packaging were designed for products such as tennis balls, tea bags, papaya and fine chocolates. The packages present formal and configurational differentiation of their contents, demonstrating the feasibility of using bioinspiration in the design of innovative packaging and opening new creative paths for designers.

Keywords: Bio-inspired design - Packaging - Fruit and seed packaging - Semi-arid region - Brazil - Biomimicry - Biomorphism - Bioutilisation - Bioassistance

Resumo: O projeto visou estudar as estruturas dos envelopes de frutos e sementes do semiárido brasileiro, com o objetivo de compreender o processo de organização interna dos elementos naturais, para o desenvolvimento de embalagens bioinspiradas para produtos industriais, levando em conta a relação entre forma e função. Para a realização da pesquisa, primeiramente foram coletadas amostras de sementes e frutos característicos da região semiárida do Nordeste brasileiro. Dentre os vários exemplares analisados, foram selecionados quatro cujas características formais eram muito diferentes e favoreceram o estudo: Mulungu, Pereiro, Timbaúba e Balãozinho, todas espécies nativas do semiárido brasileiro. As amostras foram então analisadas de acordo com sua morfologia e estrutura natural, e parametrizadas com o auxílio de um programa de computador. Com essas informações definidas, partimos para um exercício criativo de Analogia, em que os sistemas naturais estudados foram comparados com possibilidades de aplicação na embalagem de diversos produtos. Por fim, as alternativas selecionadas foram modeladas em 3D no computador

e modelos de teste foram feitos por meio de impressão 3D. Como resultado, foram projetadas 4 embalagens bioinspiradas para produtos como bolas de tênis, saquinhos de chá, mamão e chocolates finos. As embalagens apresentam diferenciação formal e configuracional de seu conteúdo, demonstrando a viabilidade do uso da bioinspiração no design de embalagens inovadoras e abrindo novos caminhos criativos para os designers.

Palavras-chave: Design bioinspirado - Embalagens - Embalagens de frutas e sementes - Região semiárida - Brasil - Biomimética - Biomorfismo - Bioutilização - Bioassistência
