Desenvolvimento de um Coletor de Frutas Biomimético Inspirado na Pata do Camaleão

Development of a Biomimetic Fruit Collector Inspired by the Chameleon's Foot

Ana Beatriz Medeiros Batista, Graduanda em Design na Universidade Federal de Campina Grande.

medeiros.batista@estudante.ufcg.edu.br

Juliana Ferreira Farias, Graduada em Design na Universidade Federal de Campina Grande.

julianaffw@gmail.com

Sofia Farias Venâncio Caminha, Graduanda em Design na Universidade Federal de Campina Grande.

sofiafariasuni@gmail.com

Número da sessão temática da submissão – [2] – IV Fórum de Biônica e Biomimética

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um coletor de frutas biomimético, inspirado na estrutura zigodáctil da pata do camaleão, realizado no âmbito acadêmico durante o componente curricular "Projeto V" do curso de Design da Universidade Federal de Campina Grande. O projeto adota o modelo do Duplo Diamante como metodologia, partindo da pesquisa sobre o comportamento e anatomia do camaleão até a geração de alternativas e refinamento da solução. O produto visa oferecer maior ergonomia, eficiência e sustentabilidade para pequenos agricultores, especialmente aqueles com limitações físicas. Foram realizadas análises de produtos similares, definição de persona, requisitos ergonômicos e estruturais, modelagem 3D e desenvolvimento de mockups físicos. Os resultados parciais demonstram potencial inovador e funcionalidade promissora, embora sejam necessários testes em ambiente real para validação completa. Conclui-se que a biomimética, aliada a práticas de design responsável, amplia as possibilidades criativas e contribui para soluções aplicáveis ao contexto agrícola.

Palavras-chave: Biomimética; Ergonomia; Design de produto; Agricultura familiar; Camaleão.

Abstract

This article presents the development of a biomimetic fruit collector inspired by the zygodactyl structure of the chameleon's foot, conducted as part of the academic course "Projeto V" in the Design program at the Federal University of Campina Grande. The project followed the Double Diamond methodology, starting from research into the chameleon's anatomy and behavior, progressing through alternative generation and solution refinement. The product was designed to enhance ergonomics, efficiency, and sustainability for small-scale farmers, particularly those facing physical limitations. Market analysis,

persona creation, ergonomic and structural requirement definitions, 3D modeling, and physical mockups were carried out. The partial results demonstrate innovative potential and promising functionality; however, real-world testing is still required for full validation. The study concludes that biomimicry, combined with responsible design practices, expands creative possibilities and contributes to practical solutions applicable to the agricultural context.

Keywords: *Biomimicry; Ergonomics; Product design; Family farming; Chameleon.*

1. Introdução

A biomimética é um campo de estudo que busca na natureza soluções para desafios humanos, observando como os seres vivos se adaptam ao ambiente e aplicando esses princípios ao desenvolvimento de novas tecnologias. Como destaca Benyus (1997), essa abordagem não se limita a imitar formas naturais, mas também utiliza a própria natureza como referência para avaliar a durabilidade e o impacto das inovações. Mais do que uma fonte de inspiração, a biomimética propõe enxergar a natureza como uma mentora, aprendendo com seus processos e sistemas em vez de apenas explorá-los.

Nos dias atuais, essa abordagem tem sido aplicada em diversas áreas, como engenharia, arquitetura e design de produtos, trazendo novas soluções para desafios contemporâneos. No setor agrícola, ela pode ser especialmente útil para otimizar atividades como a colheita de frutas, um processo que ainda depende fortemente do esforço humano. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), cerca de 46,6% dos trabalhadores rurais têm mais de 55 anos, o que torna a colheita manual um desafio ainda maior, especialmente devido às limitações físicas que surgem com a idade.

Entre as dificuldades enfrentadas por esses trabalhadores, destacam-se a falta de equipamentos ergonômicos adequados, o desgaste físico intenso e a perda de frutos durante a colheita por conta do manuseio inadequado. Sem ferramentas apropriadas, muitos pequenos produtores acabam desperdiçando parte da produção, o que afeta diretamente sua renda e sustento. De acordo com a Fundação Cargill (2022), cerca de 10% dos alimentos são perdidos ainda no campo, reforçando a necessidade de soluções que tornem esse processo mais eficiente e menos desgastante.

Diante desse cenário, foi desenvolvido um projeto com caráter avaliativo para o componente curricular “Projeto V” do curso de Design da Universidade Federal de Campina Grande, que consiste em um colhedor de frutas inspirado na pata do camaleão, aplicando a biomimética para criar um mecanismo que reproduz sua habilidade de preensão. Esse animal possui uma estrutura zigodáctil, com dedos dispostos em grupos opostos, formando uma espécie de pinça que lhe permite agarrar superfícies irregulares com firmeza (Pough et al., 2008). Ao traduzir essa estratégia natural para o design do colhedor, busca-se uma solução que reduza o esforço do usuário, facilite a colheita e evite perdas no campo.

Além de funcional, o produto também foi projetado com foco na sustentabilidade. Ele utiliza materiais recicláveis e de longa durabilidade. Seu design modular permite reparos e adaptações conforme a necessidade do agricultor, e o módulo das hastes do colhedor alcança até 2 metros de altura, permitindo a colheita em árvores pequenas. Assim, o projeto não só otimiza a prática da fruticultura familiar, mas também auxilia na diminuição do desperdício e promove um modelo de produção mais sustentável e acessível.

Portanto, o objetivo deste estudo é desenvolver um colhedor de frutas modular inspirado na pata do camaleão, voltado para pequenos produtores e baseado em práticas de design sustentável visando reduzir o desperdício na produção agrícola. Para isso, investiga-se a biomimética, analisando a anatomia e mobilidade das patas do camaleão para extrair características aplicáveis ao design. Além disso, o estudo visa analisar os produtos existentes no mercado, avaliando suas vantagens e limitações, como também, definir requisitos funcionais, estruturais e ergonômicos que garantam a eficácia e segurança do produto, considerando as limitações dos usuários.

2. Procedimentos Metodológicos

O termo Biomimética tem origem no grego, derivado das palavras *bíos* (vida) e *mímesis* (imitação), referindo-se à reprodução de estratégias e soluções observadas na natureza. Entre os inúmeros exemplos de organismos que inspiram essa abordagem, o camaleão se destaca por suas adaptações únicas ao ambiente. Apesar de ser amplamente estudado na biomimética, a maior parte das pesquisas se concentra em sua habilidade de mudar de cor para camuflagem, comunicação ou regulação térmica (Teyssier et al., 2015). No entanto, outros aspectos igualmente notáveis desse animal, como a estrutura de suas patas, ainda são pouco explorados.

As patas do camaleão apresentam uma anatomia especializada, formada por dedos agrupados em uma disposição que funciona como uma pinça, permitindo uma fixação firme em superfícies irregulares (Higham & Jayne, 2004). Essa adaptação garante estabilidade e controle na locomoção arbórea, sendo um excelente modelo para projetos que buscam soluções para melhor aderência e manipulação em diferentes contextos.

Com isso, o estudo desses mecanismos pode levar ao desenvolvimento de novas tecnologias em áreas como robótica, equipamentos ergonômicos e ferramentas agrícolas, demonstrando o potencial ainda pouco explorado da biomimética baseada na morfologia do camaleão. Dessa forma, para explorar esse potencial na prática, faz-se necessário adotar abordagens de design que favoreçam a inovação e a aplicação eficiente desses princípios biomiméticos.

Nesse contexto, as etapas do projeto foram desenvolvidas ao longo do componente curricular podem ser alinhadas à metodologia do Design Thinking, com ênfase no modelo do Duplo Diamante (Figura 1), criado pelo Design Council em 2005. Esse modelo estrutura o processo de design em quatro fases principais: Descobrir, Definir, Desenvolver e Entregar.

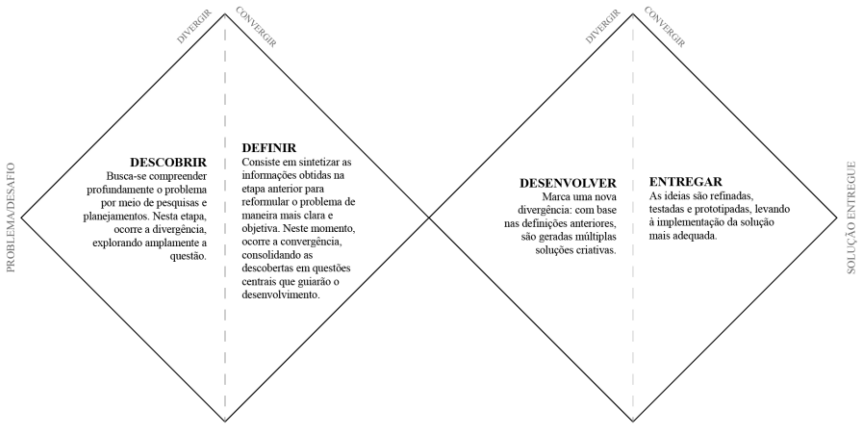

Figura 1: Duplo Diamante. Fonte: imagem elaborada pelos autores.

O modelo do Duplo Diamante foi aplicado e adaptado em duas fases do projeto. Na primeira fase, correspondente à etapa inicial de pesquisa, foi utilizado para definir o animal, seu sistema funcional e o problema a ser solucionado. Esse processo ocorreu em quatro etapas: na fase de **Descobrir**, foram realizadas pesquisas para identificar possíveis animais como referência biomimética. Em seguida, na etapa de **Definir**, após análise, escolheu-se o camaleão, investigando seus sistemas para identificar características úteis ao projeto, sendo definida a pinça formada por suas patas zigodácteis como referência (Figura 2). Na fase de **Desenvolver**, com essa definição, foram exploradas três propostas de aplicação do sistema em produtos.

Por fim, na etapa de **Entregar**, a partir das possibilidades analisadas, chegou-se à concepção final: uma ferramenta para auxiliar na colheita de frutos em árvores.

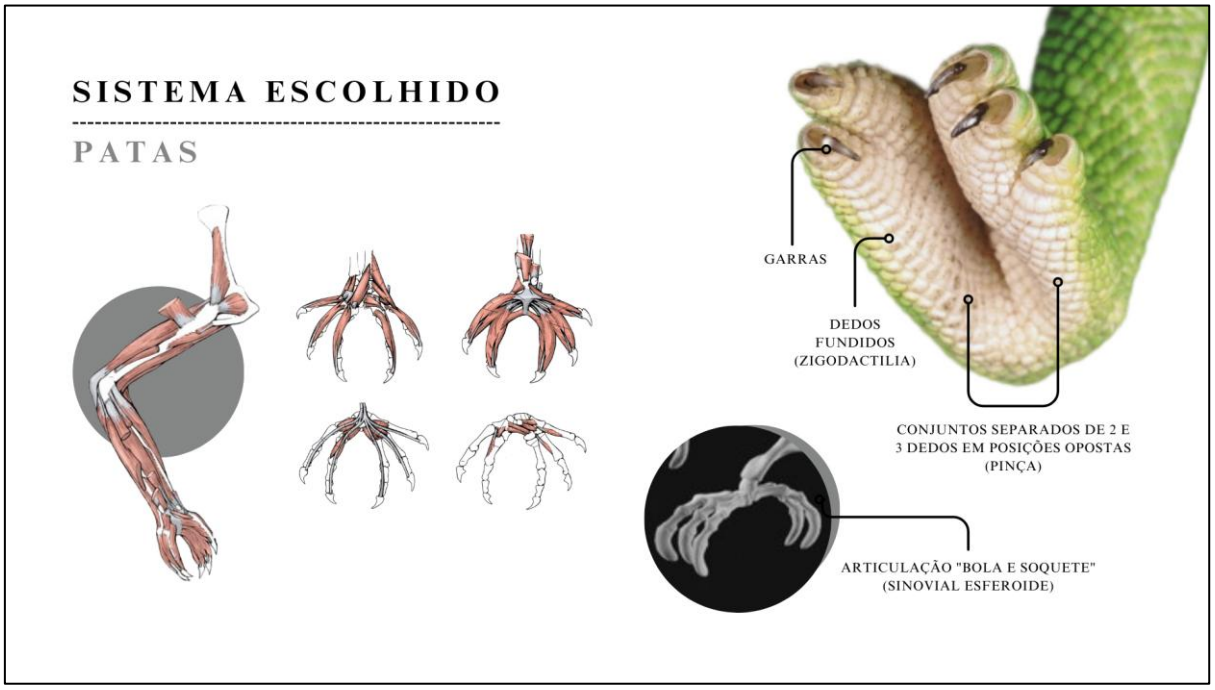

Figura 2: Sistema da pata do camaleão. Fonte: imagem elaborada pelos autores.

3. Aplicações e/ou Resultados

Partindo para a segunda fase do projeto, o modelo do Duplo Diamante foi novamente utilizado para guiar o processo de criação, desde a análise de similares até a prototipagem do produto, garantindo uma abordagem estruturada e iterativa no desenvolvimento da solução.

Na etapa do Descobrir, foi aprofundado o estudo sobre o público-alvo e a partir disso, a criação da persona e definição do cenário. Também foi realizada uma análise detalhada de produtos similares já disponíveis no mercado (Quadro 1). O objetivo foi compreender quais características se destacam positivamente e identificar oportunidades de aprimoramento, garantindo uma abordagem mais alinhada às necessidades do público.

Quadro 1: Análise de similares.

ANÁLISE DE SIMILARES			
CATEGORIAS/ PRODUTOS			
NOME	Colhedor de Frutas Médio Tramontina em Aço sem Cabo	Fruit Picker Tool	Vareta de frutas
DESCRIÇÃO	O produto funciona de maneira simples, utilizando suas extensões para agarrar a fruta, que desprenderá do galho quando o usuário puxá-la. Não acompanha cabo, dessa forma é possível que o produto chegue a diferentes distâncias dependendo do cabo que o usuário utilizar.	O produto é de fácil manuseio, as garras de metal ao redor da cesta, aparam a fruta do ramo facilmente, e a cesta mantém a fruta estável, evitando que seja danificada por queda. Por possuir um extensor, o usuário pode utilizar até em árvores com frutos muito altos.	O produto é prático e simples de usar, possui uma pega antiderrapante que facilita o manuseio do usuário, além de um compartimento em formato "V" que serve para agarrar e armazenar os frutos no produto.
MATERIAL	Aço carbono; Pintura eletrostática a pó.	Aço inoxidável; Tecido de algodão.	Palheta: plástico PP; Haste: aço inoxidável; Pega: látex
DIMENSÕES E PESO	24 x 15 x 15 cm; 254g	18 x 16 cm Extensor: 1.5M Distância entre as garras: aprox. 1.1cm Diâmetro: aprox. 14cm Profundidade do saco: aprox. 20cm	Tamanho da cabeça de palheta: cerca de 27 x 9 cm. Tamanho do mastro: 1,5 m.
PREÇO	R$ 40,00	R$ 127,70	R$ 70,00
PRÓS	Baixo custo; Material resistente; Simples funcionamento; Leve; Cabe mais de 1 fruto.	Simples funcionamento; Leve; Coleta mais de 1 fruto; Comprimento ajustável; Colhe diferentes tipos de frutas; Possui outros tipos de garras.	Baixo custo; Simples funcionamento; Leve; Coleta mais de 1 fruto; Pega antiderrapante;

CONTRAS	Tinta descasca; Requer esforço do usuário; Cabo depende do usuário.	Alto custo; Exige esforço do usuário quando o cesto estiver cheio; Não consegue colher em arvores com muitos galhos	Por ser de plástico e não possuir pontas afiadas, requer esforço do usuário; Material pouco resistente; Frutos podem cair do produto; Compartimento pequeno.

Fonte: Autores.

Após isso, foi elaborado um painel visual dos produtos comumente utilizados pelo público alvo e depois uma síntese das cores, formas e texturas encontradas neles. Para organizar as exigências do produto, foi criada uma tabela de requisitos e parâmetros (Quadro 2). Essa etapa, correspondente à fase do **Definir**, permitiu consolidar as diretrizes que orientaram o desenvolvimento da solução.

Quadro 2: Requisitos e Parâmetros.

REQUISITOS E PARÂMETROS DO PROJETO		
Categorias	**Requisitos**	**Parâmetros**
Funcionais	Deve retirar o fruto mantendo sua integridade; Deve coletar frutos das árvores de alturas variadas; Deve cortar/desgastar sem esforço os galhos que soo fixos nos frutos; Causar o mínimo de esforço nos músculos e mãos.	Possuir um compartimento para capturar e armazenar o fruto; Possuir uma haste alongada com até 2 metros; Possuir pontas afiadas com material cortante; O produto deve dispor de estrutura acoplada na haste que se encaixa na região do antebraço.
Estruturais	Deve ser dividido em 3 estruturas; Fácil manutenção; Utilizar o biomorfismo do camaleão no produto.	Apoio, haste e gancho; Estruturas acopladas por encaixe e rosca; Possuir garras para extração do fruto.
Materiais	Ser leve e resistente a corrosão; Deve aderir a mão do usuário.	Possuir estrutura da extensão feita de alumínio, com interior cavo para diminuição do peso de sua estrutura; Possuir cesto e estrutura de sustentação em polipropileno; Possuir revestimento em látex com acabamento texturizado.
Sistêmicos	Deve permitir ajuste da extensão de alcance; Peças removíveis.	Possuir sistema modular para a personalização da extensão da haste (módulos de 1m); Sistema de encaixe de rosca.
Ergonômicos	Possuir pega confortável para homens de 55 a 75 anos; Encaixar no braço de homens de 55 a 75 anos; Permitir manuseio adequado a partir de pegas e manejos.	Se adequar as seguintes medidas: • Comprimento da mão: 19 cm • Largura da mão com o polegar: 10,4 cm • Largura da mão sem o polegar: 8,6 cm • Comprimento da palma: 7,6 cm Se adequar as seguintes medidas: • Comprimento total (braço + antebraço): 72,6 cm

		• Comprimento do antebraço: 25,7 cm • Comprimento do braço: 27,9 cm • Largura do pulso: 5,1 cm Possuir um manejo grosseiro; A pega possuir um diâmetro de 3 a 5 cm; Possuir pega do tipo antropomorfa; Possuir uma superfície emborrachada e texturizada para aumentar o atrito com as mãos e diluir as tensões.

Fonte: Autores.

Com a base teórica consolidada, deu-se início à fase de desenvolvimento, que envolveu a geração de alternativas e a definição de três componentes essenciais do produto: Apoio (Figura 3a), Haste (Figura 3b), e Coletor (Figura 3c). A silhueta do camaleão foi adotada como referência para a concepção do apoio do braço, enquanto sua pata, sistema escolhido para o projeto, serviu como inspiração funcional e morfológica para o design do coletor.

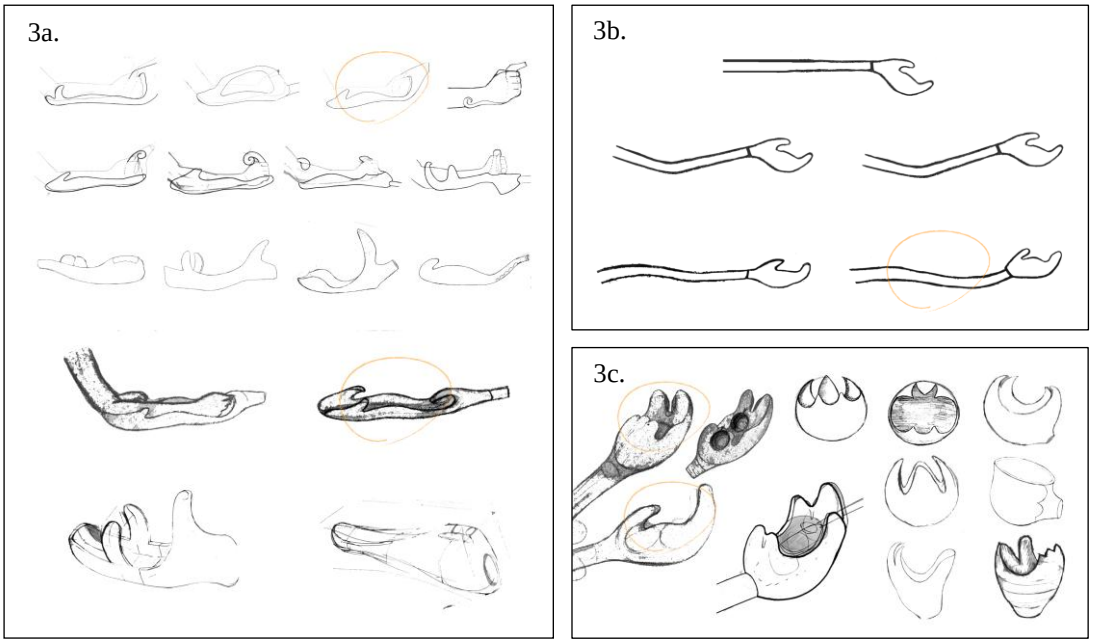

Figura 3: Esboços do produto. Fonte: imagem elaborada pelos autores.

Após a seleção dos esboços, foi criado um modelo digital 3D para conferir e avaliar os detalhes do funcionamento do colhedor e sua possível usabilidade (Figura 4), além de um mockup físico em escala real. Tanto o modelo 3D quanto o mockup inicial possibilitaram a análise dos sistemas, medidas, ergonomia, funcionalidade e usabilidade do produto, identificando pontos a serem aprimorados.

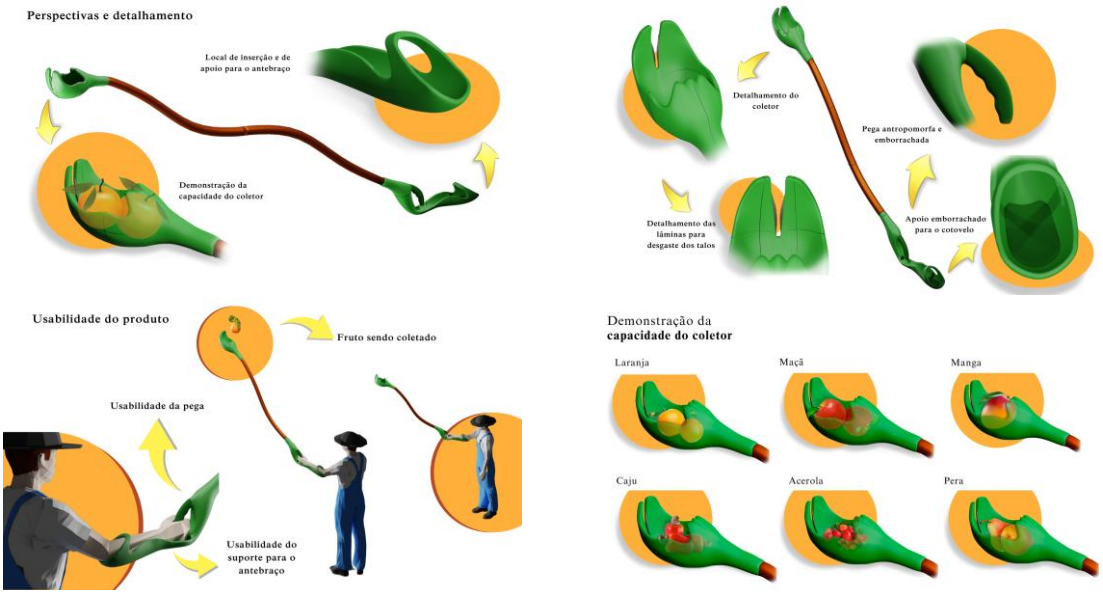

Figura 4: Modelo 3D digital inicial. Fonte: imagem elaborada pelos autores

Por fim, na fase de **Entregar**, após a realização dos testes na etapa anterior, o conceito foi refinado, resultando na materialização do produto em um modelo 3D digital com texturas (Figura 5) e em um modelo físico de alta fidelidade.

Figura 5: Produto no ambiente simulação em 3D. Fonte: imagem elaborada pelos autores.

O apoio para o antebraço recebeu uma segunda pega para maior estabilidade e conforto ao usuário, além de uma textura inspirada na pele escamosa do camaleão para reforçar a identidade biomimética. O coletor foi otimizado com aberturas para reduzir o uso de material e evitar acúmulo de resíduos orgânicos, uma lâmina adaptada para facilitar o corte dos talos e um tamanho reduzido para melhor manuseio. O sistema de encaixe da lâmina foi reforçado com parafusos, e uma estrutura de borracha foi adicionada ao apoio do cotovelo para maior conforto. Esses e outros refinamentos consideraram os aspectos analisados previamente, garantindo que a solução final estivesse alinhada com os requisitos estabelecidos ao longo do processo (Figura 6).

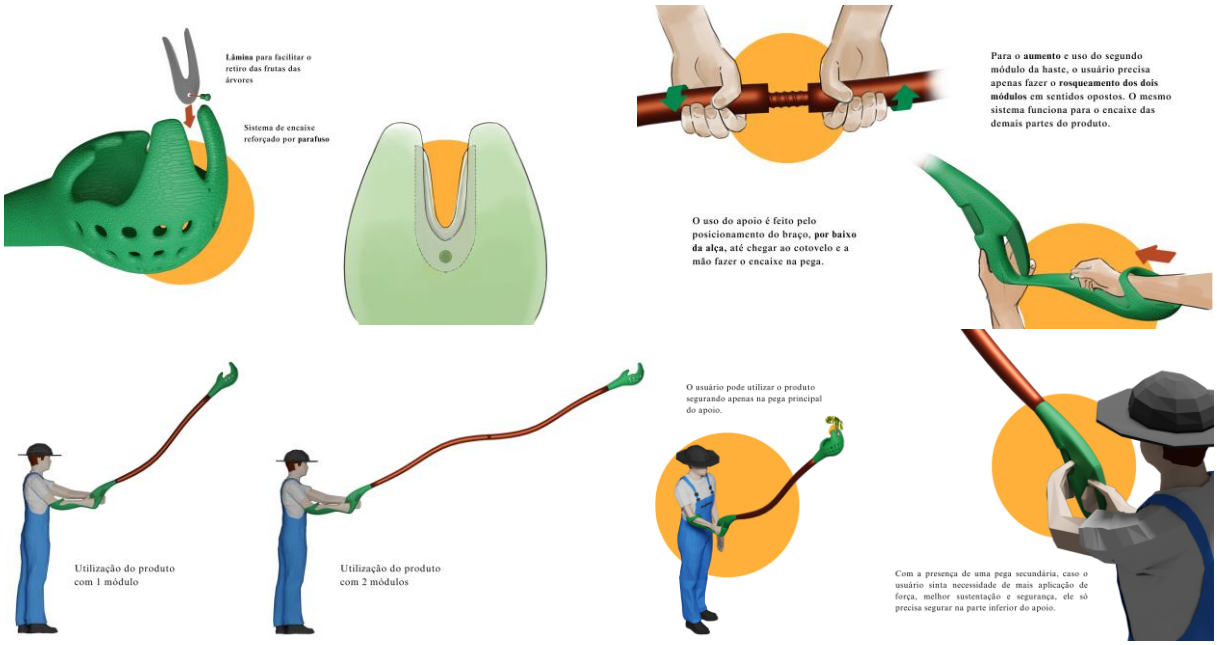

Figura 6: Produto final. Fonte: imagem elaborada pelos autores

Para a apresentação do projeto, foram utilizados diferentes recursos expositivos, incluindo um banner informativo, um modelo de alta fidelidade em escala real (Figura 7), e uma impressão 3D em escala reduzida, permitindo uma visualização mais detalhada das soluções desenvolvidas. Além disso, o relatório final reuniu modelos 3D (Figura 8), desenhos explicativos, simulações de aplicação no ambiente, vista explodida, desenho técnico e a especificação dos materiais e processos de fabricação, consolidando a documentação do processo de desenvolvimento.

Figura 7: Modelo de alta fidelidade em escala real. Fonte: imagem elaborada pelos autores.

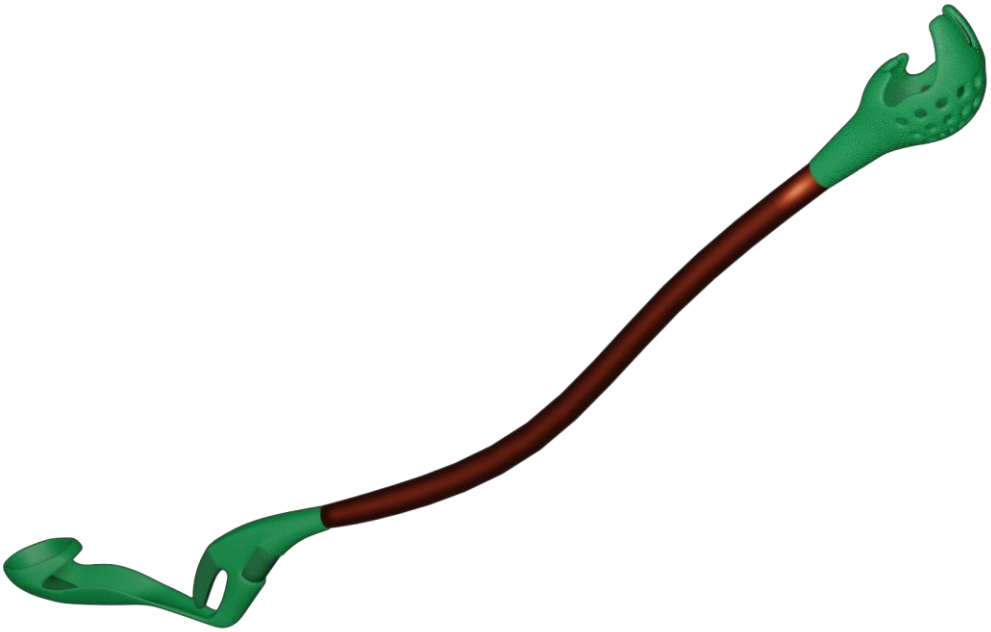

Figura 8: Modelagem 3D texturizada. Fonte: imagem elaborada pelos autores.

Após o desenvolvimento do produto, a definição dos materiais e processos de fabricação industrial mais adequados para sua possível produção em escala foram escolhidos. Optou-se pela injeção plástica para a fabricação das pegas e do cesto coletor em polipropileno (PP), garantindo leveza e resistência durante a atividade. A haste foi pensada para ser produzida por extrusão de alumínio, conferindo durabilidade e baixo peso. A lâmina de corte e os reforços estruturais foram planejados para serem fabricados por estampagem de metais, enquanto a montagem do produto utilizaria encaixes de rosca e parafusos, permitindo desmontagem e reposição de peças. Essas escolhas serviram para equilibrar custo, funcionalidade e facilidade de produção.

4. Análises dos Resultados ou Discussões

O desenvolvimento do colhedor de frutas ocorreu no âmbito acadêmico, durante o componente curricular “Projeto V”, seguindo uma metodologia estruturada de design. O processo envolveu etapas que partiram da pesquisa inicial até a criação de um modelo tridimensional e de um mockup físico, permitindo a validação preliminar das soluções concebidas como já foi mencionado anteriormente.

Durante a modelagem 3D e a confecção do mockup, foram analisados aspectos fundamentais como ergonomia, funcionalidade e viabilidade produtiva. Essas avaliações indicaram a necessidade de ajustes, como a inclusão de um apoio para o antebraço com uma segunda pega, visando maior estabilidade e conforto. Além disso, o design foi aprimorado com aberturas estratégicas para reduzir o uso de material e evitar o acúmulo de resíduos orgânicos. O sistema de corte recebeu uma lâmina adaptada e um mecanismo de fixação reforçado, enquanto a textura inspirada na pele escamosa do camaleão agregou não apenas identidade biomimética, mas também melhor aderência.

Apesar desses avanços, ainda é necessária uma etapa de testes mais aprofundada. A produção de um protótipo com materiais e estrutura próximos ao produto final será essencial para validar sua usabilidade, confirmar o conforto durante o uso prolongado e comprovar a eficácia do sistema de preensão biomimético. Testes em ambiente real de colheita também se mostram indispensáveis para avaliar durabilidade, manutenção e adaptabilidade a diferentes frutas e perfis de usuários. Com base nessas análises, eventuais ajustes poderão ser feitos para aprimorar ainda mais o desempenho e assegurar sua viabilidade prática no contexto agrícola. Assim, os resultados obtidos até aqui representam um avanço importante, alinhando o projeto aos princípios da biomimética e da ergonomia.

5. Conclusão ou Considerações Finais

Portanto, evidencia-se a relevância da biomimética como ferramenta metodológica no campo do design, permitindo a criação de soluções inovadoras a partir da observação e interpretação de sistemas naturais. A experiência desenvolvida ao longo deste projeto demonstrou como a aplicação estruturada dessa abordagem — desde a seleção e pesquisa de um organismo, a identificação de um sistema funcional específico, a geração de alternativas conceituais e o subsequente refinamento — pode resultar em propostas de produto originais e funcionais. No caso do colhedor de frutas, a inspiração no sistema de preensão do camaleão possibilitou o desenvolvimento de um artefato que alia ergonomia, funcionalidade e identidade formal.

Ressalta-se, ainda, que a prática biomimética não apenas favorece soluções criativas para desafios específicos, mas também amplia o repertório projetual e fomenta uma nova perspectiva de inovação responsável, pautada no equilíbrio entre eficiência, sustentabilidade e inspiração na natureza. Dessa forma, constata-se o potencial dessa abordagem para aplicação em diferentes contextos e desafios, abrindo caminhos para investigações futuras que explorem outros organismos, sistemas e escalas, contribuindo de maneira significativa para o avanço do design contemporâneo.

Referências

A situação e os desafios do pequeno agricultor no Brasil. Disponível em: https://revistacultivar.com.br/artigos/a-situacao-e-os-desafios-do-pequeno-agricultor-no-brasil. Acesso em: 26 mar. 2025.

BARTABURU, X. **Biomimética: tecnologia inspirada na natureza avança no Brasil**. Disponível em: https://brasil.mongabay.com/2020/03/biomimetica-tecnologia-inspirada-na-natureza-avanca-no-brasil/. Acesso em: 26 mar. 2025.

BARTLETT, R.; BARTLETT, P. P. **Chameleons**. Hauppauge, NY, USA: Barron's Educational Series, 1995.

BENYUS, J. M. **Biomimicry: Innovation Inspired By Nature**. Nova Iorque, NY, USA: HarperCollins, 2003.

Chamaeleonidae. Disponível em: https://animaldiversity.org/accounts/Chamaeleonidae/. Acesso em: 26 mar. 2025.

Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos - Portal Embrapa. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos. Acesso em: 26 mar. 2025.

Fruticultura Tropical - Portal Embrapa. Disponível em: https://www.embrapa.br/portfolio/fruticultura-tropical?utm_source. Acesso em: 26 mar. 2025.

GUEDES, M. H. **Os Animais Exóticos !** 1. ed. Santa Catarina: Clube de Autores, 2015.

HARVEY POUGH, F.; HEISER, J. B.; JANIS, C. **A vida dos vertebrados**. [s.l: s.n.].

HIGHAM, T. E.; JAYNE, B. C. Locomotion of lizards on inclines and perches: hindlimb kinematics of an arboreal specialist and a terrestrial generalist. **The journal of experimental biology**, v. 207, n. Pt 2, p. 233–248, 2004.

O que é biomimética e como aplicar este conceito nos seus projetos. Disponível em: https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/especial-publicitario/vilarejo/vilarejo-solucao-em-casa/noticia/2023/11/24/o-que-e-biomimetica-e-como-aplicar-este-conceito-nos-seus-projetos.ghtml. Acesso em: 26 mar. 2025.

O que é, o que é? Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/o-que-e-o-que-e-14/. Acesso em: 26 mar. 2025.

TEYSSIER, J. et al. Photonic crystals cause active colour change in chameleons. **Nature communications**, v. 6, n. 1, p. 6368, 2015.

The double Diamond. Disponível em: https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/the-double-diamond/. Acesso em: 26 mar. 2025.

Disponível em: https://web.archive.org/web/20210116180537/https://nationalgeographic.sapo.pt/natureza/grandes-reportagens/518-camaleoes-artistas-da-cor. Acesso em: 26 mar. 2025.