

Os conceitos de biomimética, design, manufatura aditiva e design generativo configuram a fundamentação teórica do trabalho e serão melhor explorados no tópico de Fundamentação Teórica. Assim, a presente pesquisa tem como proposta o desenvolvimento de uma embalagem de cosmético bioinspirada da vagem do amendoim utilizando o design generativo e a manufatura aditiva na construção do protótipo.

2.2 Justificativa

Tendo em vista a fundamental importância das embalagens na proteção e preservação do produto, esse projeto visa otimizar um modelo de embalagem de cosmético, onde, a depender dos resultados alcançados, pode-se julgar a possibilidade da diminuição de conservantes nos produtos em decorrência de uma embalagem que exerça melhor essa função. Além disso, a nova proposta estrutural tem o objetivo de entregar uma maior proteção ao produto trabalhando com o mínimo possível de material utilizando design generativo. O trabalho utiliza a biomimética, que é um assunto inovador e que não é tão explorado em âmbito nacional. Assim, essa pesquisa busca, também, contribuir para impulsionar os estudos relacionados à biomimética, principalmente tratando-se de estruturas. Destarte, esse trabalho explora inovação em relação a estrutura da embalagem, ao software a ser utilizado, ao utilizar a natureza como inspiração (biomimética) e ao vislumbrar uma melhor formulação para o produto para pesquisas futuras.

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma embalagem para cosméticos utilizando como inspiração a estrutura da vagem do amendoim.

3.2 Objetivos específicos

1. Avaliar o material mais adequado para a elaboração do produto, ou seja, que proporcionará melhores condições para o produto que acondiciona mantendo propriedades boas tanto para a embalagem, quanto para o produto armazenado;
2. Desenvolver a embalagem em software;
3. Confecção do protótipo em impressora 3D de filamento localizada na Universidade Federal do ABC e, como alternativa, impressora 3D de filamento localizada no laboratório FAB LAB LIVRE SP.

4 Fundamentação Teórica/ Estado-da-arte

O trabalho está fundamentado nos seguintes conceitos: biomimética, design, manufatura aditiva e design generativo, os quais serão melhor explicados a seguir. Para avaliar o estado-da-arte atualizado, foi utilizado o mecanismo de busca Web of Science utilizando como base as palavras-chave e priorizando os trabalhos mais recentes.

4.1 Biomimética

A biomimética compreende observar, estudar e se inspirar na natureza buscando soluções sustentáveis, obtendo, assim, formas, funções e comportamentos análogos. De acordo com TITOTTO (2015), ao nos inspirarmos na forma como a natureza soluciona seus problemas, podemos utilizar esse conhecimento para solucionar os nossos. Portanto, a análise de sistemas naturais traz contribuições relevantes para o desenvolvimento de produtos, onde seus padrões geométricos e matemáticos podem ser explorados (DETANICO, TEIXEIRA, SILVA, 2010).

Nas buscas feitas para biomimetics e biomimicry foi encontrado uma gama mais diversa de artigos recentes, o que já era esperado por se tratar de um assunto em ascensão atualmente. Como destaques mais recentes relacionados à biomimética e o design, podemos citar as seguintes pesquisas: “Proposta de design bioinspirado para um novo dispositivo fixador ósseo externo” (BUSO; ZANINI; TITOTTO; 2022), “Uma abordagem biomimética para o design de luvas de proteção: inspirações da natureza e as limitações estruturais dos organismos vivos” (IRZMANSKA; JASTRZEBSKA; MICHALSKI; 2022), “Edição especial: materiais arquitetônicos e arquitetônicos bioinspirados” (FRATZL; SAUER; RAZGHANDI), e, relacionando a biomimética, design e manufatura aditiva “Designs de bi-materiais biomiméticos para manufatura aditiva” (RAHIMIZADEH et. al; 2022). Utilizando a filtragem de publicações mais relevantes, podemos destacar: “Biomimética e o ambiente construído, aprendendo com as soluções da natureza” (JAMEI; VRCELJ; 2021), “Biomimética versus maquinário: a noção de funcionalidade no design” (AZIZKHANI, 2015), “Integração da biomimética no ensino de ciências: abordagem de ensino da biomimética” (COBAN; COSTU; 2021), “Promessas e Pressuposições da Biomimética” (MACKINNON; OOMEN; PEDERSEN; 2020), e “Biomimética no ensino do projeto arquitetônico” (TAVSAN, C; TAVSAN, F; SONMEZ; 2015).

4.2 Design

De acordo com a análise da literatura feita por Sá (2020), os estudos mais significativos desenvolvidos na área da biomimética nas áreas voltadas ao design surgiram após as contribuições de Janine Benyus a partir de 1997.

Ao observar a natureza, é interessante prestar atenção em como as embalagens são bem feitas, sendo em cor, anatomia, entre outros. Kayat e Magalhães (2015) citam como exemplo a mexerica, que possui uma casca que protege a polpa devido a suas propriedades e espessura, assim como adere bem à mão pela textura e formato.

Os mesmos autores referidos anteriormente apresentaram em seu trabalho a análise da estrutura da vagem do amendoim, onde foi encontrado “leveza, resistência, impermeabilidade, abertura facilitada e adaptabilidade a diferentes quantidades de sementes”, que são características interessantes para o desenvolvimento de embalagens.

Ademais, o seguinte quadro foi elaborado por esses autores, onde temos dados sobre a estrutura da vagem do amendoim:

Figura 1 - Funções da vagem do amendoim

Estratégias biológicas abstraídas	Funções
Forma integral, adaptável a diferentes quantidades de sementes.	Permitir adaptações dimensionais
Fragilidade em função de duas fendas presentes na casca na região longitudinal da vagem (uma espécie de “soldagem” do carpelo da vagem no processo de crescimento), que “quebra” por meio de pressão intencional localizada, disponibilizando as sementes sem danificá-las.	Abrir uniformemente por meio de pressão localizada, permitindo acesso ao conteúdo quando desejado e sem danificá-lo.
Amadurecimento do fruto embaixo da terra, permitindo proteção contra predadores.	Promover segurança ao conteúdo contra agentes externos.
Impermeabilidade	Proteger contra umidade.
Casca rígida, composta por estrutura alveolar, fibras longitudinais e multicamadas de materiais.	Resistir a quedas, amassamentos, torção, punção e impacto, utilizando-se o mínimo de material
Casca leve, devido à estrutura alveolar.	Ser leve e ao mesmo tempo resistente
Propriedades de barreira da casca contra agentes externos aumentadas em função da estrutura alveolar (presença de ar que é isolante).	Preservar por mais tempo o conteúdo

Fonte: Kayat e Magalhães, 2015

Figura 2 - Visualização 3D da vagem do amendoim



Fonte: Kayat e Magalhães, 2015

Utilizando a palavra-chave packaging design, no mecanismo de pesquisa Web of Science, destacam-se como mais relevantes o artigo de Gronman et. al (2013) com a temática de “Estruturas para Design de Embalagens de Alimentos Sustentáveis”, “A análise de viabilidade reduz o tempo de ciclo para projetos avançados de embalagens” de Rinebold (1999), “Materiais de embalagem verdes e design de embalagem moderno” de Zheng (2013), “Em direção ao design de embalagem centrado no paciente: uma perspectiva da indústria sobre processos, funções e restrições” de Lorenzini e Olsson (2018), “Abordagens de design

sustentável no design de embalagens” de Ozgen (2018), e “O design de demanda no design de embalagens” de Nie (2019).

Para as buscas mais recentes, foram encontrados trabalhos mais voltados para a indústria alimentícia, onde temos o trabalho de Hosseini (2022) intitulado como “Fabricação de filmes transparentes de bicamada à base de poli(ácido láctico) de alta barreira com desempenho antioxidante/antimicrobiano”; Zhao (2022) apresenta o artigo “Filme inteligente biodegradável para preservação de alimentos e detecção visual em tempo real do frescor dos alimentos”; e Zhelyazkov (2022) com seu artigo “Propriedades físicas e de barreira de filmes comestíveis de amido de batata carregados com óleo essencial de cravo”.

4.3 Amendoim

Ao efetuar a busca com a temática do amendoim, foram pesquisadas as seguintes palavras: peanut, peanut pods e peanut structure. O trabalho de Kayat e Magalhães (2015) investiga a abordagem de novas tecnologias digitais juntamente com a biomimética, objetivando estimular a criação prototipação de embalagens de alimentos bioinspiradas, onde o amendoim foi o fruto inspirador. Não foram encontrados trabalhos recentes que trabalhassem especificamente a temática da estrutura alveolar da vagem do amendoim, porém foram encontrados trabalhos a respeito dos mecanismos moleculares, que é o caso do trabalho de Hou (2022) com sua pesquisa sobre a aplicação de nitrogênio nas vagens dos amendoins visando o rendimento. Kamyab (2022) traz a temática de investigação do comportamento de memória de forma de estruturas auxéticas com padrão de amendoim onde investigou-se a melhoria da estrutura em forma de amendoim quanto às propriedades auxéticas em alto alongamento, aos efeitos das mudanças na geometria e dimensões da estrutura no comportamento de Poisson, razão de fixação de forma e taxa de recuperação de forma durante a memória de forma ciclo.

4.4 Design Generativo

O design generativo é definido por Boratto (2019) como “especialidade do design que utiliza algoritmos e inspiração nos sistemas complexos da natureza para o desenvolvimento do projeto”. Além disso, ao utilizar esse tipo de design, torna-se possível a criação de peças mais leves utilizando o mínimo de material necessário, mas, ainda sim, cumprindo com os requisitos da engenharia (AMS Brasil, 2020).

Quanto à pesquisa utilizando generative design, a busca foi filtrada quanto a relevância. Os principais artigos alcançados envolvendo a questão estrutural foram: “GD (Generative Design) Aplicado a um Drone de Recuperação de Plásticos (DRP) Usando IDeS (Industrial Design Structure)” de Frizziero et. al (2021), “Juntas para estruturas de colunas em forma de árvore com base em design generativo e fabricação aditiva” de Wang et. al (2021), e “Projeto generativo de estruturas não homogêneas em grande escala” de Djokikj (2021). Para as buscas feitas quanto aos trabalhos mais recentes, podemos citar: “Projeto generativo para reduzir as emissões de GEE incorporadas de arranha-céus” de Zaraza et. al (2022), “Projeto generativo baseado em metamodelo de fundações de turbinas eólicas” de Shen et. al (2022), e “Rumo a uma ferramenta nacional de avaliação do ciclo de vida: design generativo para apoio à decisão precoce” de Hassan (2022).

4.5 Manufatura Aditiva

A manufatura aditiva é definida pela sociedade ASTM como “um processo de união de materiais para fazer objetos a partir de dados de modelos 3D, geralmente camada sobre camada, em oposição às metodologias de fabricação subtrativas” (KUMAR; PRASAD, 2021). Em um caso ideal, a manufatura aditiva é capaz de traduzir design biomimético inovador em objetos físicos com as propriedades e funcionalidades desejadas (PLESSIS et al., 2019).

Tratando-se da busca por additive manufacturing, foram encontradas aplicações em áreas diversas, portanto, trata-se de uma tecnologia bem abrangente. Como exemplos temos os trabalhos de Mehrpouya et. al (2022) “Técnicas de fusão em leito de pó multimateriais”, para a área da saúde “Dispositivos implantáveis impressos em 3D com membrana biodegradável de controle de taxa para entrega sustentada de drogas hidrofóbicas” de Picco et. al (2022), “Perspectiva da cadeia de suprimentos na fabricação de aditivos” de Ma et. al (2018), “Ligação do projeto de peças ao planejamento de processo por projeto para ontologia de fabricação adicional” de Kim et. al (2018), “Fabricação de aditivos e aplicações de alto desempenho” de Lindgren e Lundbäck (2018), “Uma estrutura de exploração de design rápida sob a incerteza do processo de manufatura aditiva” de Xiong et. al (2018), e “Uma estrutura de design para manufatura aditiva: integração de recursos de manufatura aditiva no processo de design inicial” de Renjith et. al (2020). Envolvendo a biomimética podemos citar “Materiais impressos em 3D SLA superhidrofóbicos modificados com nanopartículas que imitam a estrutura de uma folha de arroz” de Barraza (2022), e na área de energia “Fabricação aditiva de materiais energéticos: Adaptando o desempenho energético através da impressão” de Chen (2022).

Dessa forma, o presente trabalho propõe desenvolver uma embalagem para cosméticos bioinspirada na vagem do amendoim, onde o design generativo será utilizado para a elaboração da estrutura alveolar do produto. Portanto, não será feita uma cópia de tal configuração estrutural, mas essa será utilizada como inspiração para o desenvolvimento do produto.

5 Metodologia

A metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto baseia-se em primeiramente traçar um panorama geral com a análise bibliográfica, onde as buscas serão feitas com base nas palavras chaves. Assim, de acordo com cada etapa do trabalho, os materiais de maior relevância para o tópico em questão serão filtrados e utilizados na construção dos textos e dos estudos. Caso os trabalhos encontrados até o momento sejam insuficientes, poderemos retornar a essa etapa.

Posteriormente, serão iniciados os estudos para o desenvolvimento do produto estudando o material mais adequado para ser aplicado. Para isso, os materiais serão analisados e comparados com base nas informações encontradas nas bibliografias.

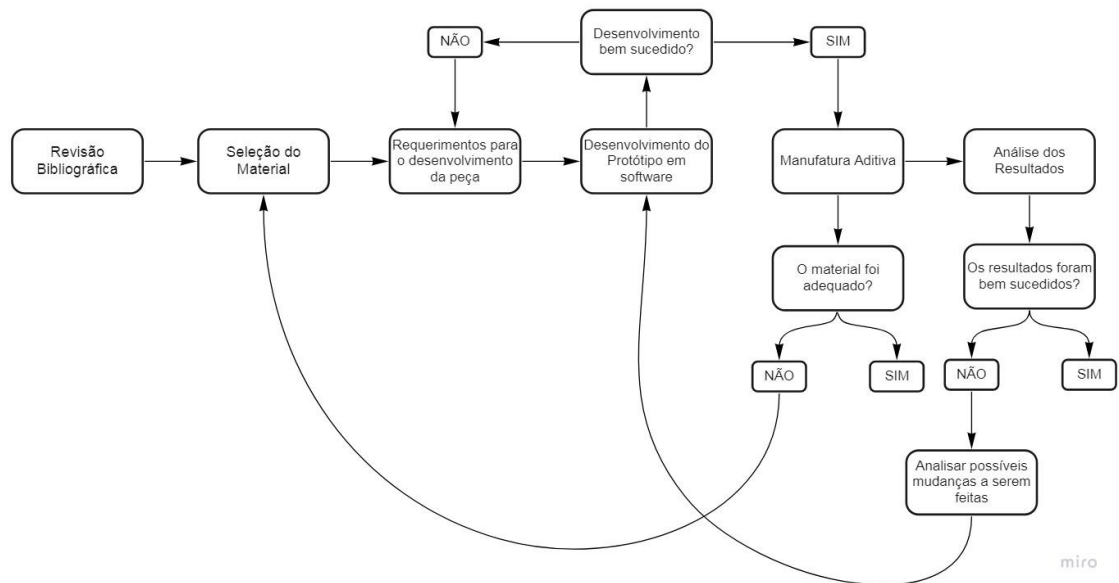
Ao selecionar o material, serão estudados os requerimentos necessários para que a peça seja desenvolvida em software. Para o estudo de cada caso, também contaremos com a bibliografia encontrada.

Após identificados os requerimentos, será iniciado o desenvolvimento do protótipo utilizando o software Fusion 360, que foi escolhido por ser um software que possui a ferramenta de design generativo e por ser acessível a diversos tipos de computadores por ser

mais leve e trabalhar com arquivos em nuvem. Nesta etapa, serão utilizados os conhecimentos pré adquiridos de Sistemas CAD/CAM e conhecimentos a serem adquiridos acerca de design generativo.

Com o protótipo finalizado no software, será iniciada a confecção do mesmo em manufatura aditiva. Para isso serão avaliados os modelos de impressora e orientação de impressão da peça. Por fim, após a confecção da peça, tanto em software, quanto em manufatura aditiva, serão feitas análises dos resultados obtidos.

Figura 3 - Fluxograma do projeto



Fonte: Autora

6 Forma de análise dos resultados

Para avaliar o desempenho do protótipo serão realizadas comparações com um produto semelhante já existente no mercado realizando testes em amostras de produtos. Portanto, serão observadas se houveram alterações no produto acondicionado em decorrência da diferença de embalagem.

7 Resultados esperados

Espera-se que a nova configuração estrutural da embalagem seja promissora e que impacte positivamente tanto no ponto de vista ambiental, quanto no ponto de vista do consumidor. No ponto de vista ambiental por utilizar quantidades mínimas de material e pela duração da embalagem, e no ponto de vista do consumidor devido aos impactos que a embalagem causa no produto ao conservá-lo melhor. Além disso, podemos considerar também o impacto do estudo envolvendo a biomimética, impulsionando a temática principalmente em âmbito nacional, onde não é tão trabalhada quanto internacionalmente.

Assim, o presente trabalho pode influenciar e auxiliar futuras pesquisas inspirando pesquisadores das áreas que o abrangem.

8 Forma de divulgação dos resultados

Para divulgar o trabalho, a autora participará do Simpósio de Iniciação Científica da Universidade Federal do ABC (UFABC) e almeja participar de outros eventos como o Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP (SIICUSP), bem como palestras realizadas no grupo de pesquisa liderado pela orientadora da presente pesquisa, cujo foco de pesquisa é a biomimética. É esperado, também, que o trabalho seja publicado como artigo científico.

9 Cronograma de atividades

1. Etapa 1: Revisão bibliográfica - pesquisar sobre as embalagens e sua importância, principalmente na indústria de cosméticos, materiais a serem utilizados, manufatura aditiva, biomimética envolvida (amendoim)
2. Etapa 2: Avaliar o material a ser utilizado na confecção de acordo com a proposta da embalagem
3. Etapa 3: Identificação de requerimentos para o desenvolvimento da peça no software
4. Etapa 4: Aprendizado de design generativo e CAD no software Fusion 360
5. Etapa 5: Desenvolvimento da peça
6. Etapa 6: Confecção do protótipo em impressora 3D
7. Etapa 7: Análise dos resultados obtidos
8. Etapa 8: Desenvolvimento do Relatório Final

Tabela 1 – Cronograma de atividades previstas

[illegible]

Referências

AMS BRASIL. Design generativo e o futuro da fabricação inteligente. Disponível em: <https://amsbrasil.com.br/design-generativo-e-o-futuro-da-fabricacao-inteligente/>. Acesso em: 23 mar. 2022

AZIZKHANI, Mehdi. Biomimicry versus machinery: the notion of functionality in design. *Living and learning: research for a better built environment*, p.1054-1064, 2015.

BALLA E, DANIILIDIS V, KARLIOTI G, KALAMAS T, STEFANIDOU M, BIKIARIS ND, VLACHOPOULOS A, KOUMENTAKOU I, BIKIARIS DN. Poly(lactic Acid): A Versatile Biobased Polymer for the Future with Multifunctional Properties - From Monomer Synthesis, Polymerization Techniques and Molecular Weight Increase to PLA Applications. *Polymers*. 2021; 13(11):1822. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym13111822>. Acesso em: 10 mai. 2022

BARRAZA, B; OLATE-MOYA, F; MONTECINOS, G; ORTEGA, J.H; ROSENKRANZ, A; TAMBURRINO, T; PALZA, H. Superhydrophobic SLA 3D printed materials modified with nanoparticles biomimicking the hierarchical structure of a rice leaf, *Science and Technology of Advanced Materials*. 2022. 23:1, 300-321, DOI: 10.1080/14686996.2022.2063035. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14686996.2022.2063035>. Acesso em: 04 jun. 2022

BORATTO, M. Design de Superfície e Complexidade: Investigação Design de padrões generativos e o uso de algoritmos computacionais. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design, do Campus de Bauru, na Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2019. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/190906/boratto_mal_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 22 mar. 2022

BRASKEM. Biopolímero Polietileno Verde, inovação transformando plástico em sustentabilidade. 2021. Disponível em: https://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Catalogo_PE_Verde.pdf. Acesso em: 13 abr. 2022

BUSO, Carla; ZANINI, Plínio; TITOTTO, Silvia. Bioinspired design proposal for a new external bone fixator device. *Biomedical Physics & Engineering Express*, Volume 8, Number 3. DOI10.1088/2057-1976/ac5092. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2057-1976/ac5092>. Acesso em: 04 jun. 2022

CHEN, Nihan; HE, Chunlin; PANG, Siping. Additive manufacturing of energetic materials: Tailoring energetic performance via printing. *Journal of Materials Science & Technology*, Volume 127, 2022, Pages 29-47, ISSN 1005-0302. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2022.02.047>. Acesso em: 04 jun. 2022

COBAN, M; COŞTU, B. Integration of biomimicry into science education: biomimicry teaching approach, *Journal of Biological Education*, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877783>. Acesso em: 12 jun. 2022

DETANICO, F.B; TEIXEIRA, FG; SILVA, TK. A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto. *Design & Tecnologia*, ISSN-e 2178-1974, Vol. 1, Nº. 2, 2010, págs. 101-113. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5440171>. Acesso em: 21 mar. 2022

DJOKIKJ, Jelena; JOVANOVA, Jovana. Generative design of a large-scale nonhomogeneous structures. *IFAC-PapersOnLine*, Volume 54, Issue 1, 2021, Pages 773-779, ISSN 2405-8963. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.090>. Acesso em: 04 jun. 2022

FRATZ, Peter; SAUER, Christiane; RAZGHANDI, Khashayar. Special issue: bioinspired architectural and architected materials. *Bioinspir. Biomim.* 17 (2022) 040401. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-3190/ac6646>. Acesso em: 04 jun. 2022

FRIZZIERO, L.; LIVERANI, A.; DONNICI, G.; CONTI, E.; DELLO PREITE, B.; LAMANNA, U.; LEON-CARDENAS, C.; GARULLI, M. GD (Generative Design) Applied to a Plastics Recovery Drone (PRD) Using IDeS (Industrial Design Structure). *Inventions* 2021, 6, 82. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/inventions6040082>. Acesso em: 04 jun. 2022

GRÖNMAN, Kaisa; SOUKKA, Risto; JÄRVI-KÄÄRIÄINEN, Terhen; KATAJAJUURI, Juha-Matti; KUISMA, Mika; KOIVUPURO, Heta-Kaisa; OLLILA, Margareetta; PITKÄNEN, Marja; MIETTINEN, Olli; SILVENIUS, Frans; THUN, Rabbe; WESSMAN, Helena; LINNANEN, Lassi. Framework for Sustainable Food Packaging Design. *Packaging Technology and Science an International Journal*. Volume26, Issue 4 - June/July 2013 - Pages 187-200. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pts.1971>. Acesso em: 04 jun. 2022

HASSAN, S.R; MEGAHED, N.A; ELEINEN, O.M.A; HASSAN, A.M. Toward a national life cycle assessment tool: Generative design for early decision support. *Energy and Buildings*, Volume 267, 2022, 112144, ISSN 0378-7788. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112144>. Acesso em: 12 jun. 2022

HOSSEINI, Sayed; KAVEH, Forouzan; SCHMID, Markus. Facile fabrication of transparent high-barrier poly(lactic acid)-based bilayer films with antioxidant/antimicrobial performances. *Food Chemistry*, Volume 384, 2022, 132540, ISSN 0308-8146. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132540>. Acesso em: 04 jun. 2022

HOU, L., LIN, RX, WANG, XJ et al. et al. The Mechanisms of Pod Zone Nitrogen Application on Peanut Pod Yield. *Russ J Plant Physiol* 69, 51 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1134/S1021443722030050>. Acesso em: 04 jun. 2022

IRZMAŃSKA, Emilia; JASTRZĘBSKA, Aleksandra; MICHALSKI, Marek. A Biomimetic Approach to Protective Glove Design: Inspirations from Nature and the Structural Limitations of Living Organisms. *Autex Research Journal*, vol.0, no.0, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/aut-2022-0004>. Acesso em: 04 jun. 2022

JAMEI, E.; VRCELJ, Z. Biomimicry and the Built Environment, Learning from Nature's Solutions. *Appl. Sci.* 2021, 11, 7514. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11167514>. Acesso em: 12 jun. 2022

JORGE, N. Embalagens para alimentos. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013. ISBN 978-85-7983-394-6. Disponível em: <http://www.santoandre.sp.gov.br/pesquisa/ebooks/360234.PDF>. Acesso em: 10 mai. 2022

KAMYAB, Amir; GHASEMI-GHALEBAHMAN, Ahmad; FERIDOON, Abdolhossein; KHONAKDAR, Hossein Ali. Investigation into the shape memory behavior of peanut-pattern auxetic structures. *Express Polymer Letters*; Budapest Vol. 16, Ed. 7, (Jul 2022): 679-693. DOI:10.3144/expresspofymlett.2022.50

KAYAT, C; MAGALHÃES, C. Inovação em Design de Embalagem, por meio da Biomimética e das novas tecnologias digitais. Rio de Janeiro, 2015. 150p. Dissertação de Mestrado, Departamento de Artes & Design. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/48873/48873.PDF>. Acesso em: 22 mar. 2022

KIM, S., ROSEN, D. W., WITHERELL, P., KO, H. Linking part design to process planning by design for additive manufacturing ontology. *Proceedings of the 3rd International Conference on Progress in Additive Manufacturing (Pro-AM 2018)*, 303-308. doi:10.25341/D4HS3H. Disponível em: <https://dr.ntu.edu.sg/handle/10220/45838>. Acesso em: 12 jun. 2022

KUMAR, ANAND S.; PRASAD, R.V.S. Chapter 2 - Basic principles of additive manufacturing: different additive manufacturing technologies. Editor(s): M. Manjaiah, K. Raghavendra, N. Balashanmugam, J. Paulo Davim, In *Woodhead Publishing Reviews: Mechanical Engineering Series, Additive Manufacturing*, Woodhead Publishing, 2021, Pages 17-35, ISBN 9780128220566. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822056-6.00012-6>. Acesso em: 05 jun. 2022

LIEBERZEIT, P; BEKCHANOV, D; MUKHAMEDIEV, M. Polyvinyl chloride modifications, properties, and applications: Review. *Polymers for Advanced Technologies*, Volume 33, Capítulo 6. Junho de 2022, p.1809-1820. <https://doi.org/10.1002/pat.5656>. Acesso em: 09 mai. 2022

LINDGREN, L-E; LUNDBÄCK, A. Additive manufacturing and high-performance applications. *Proceedings of the 3rd International Conference on Progress in Additive Manufacturing (Pro-AM 2018)*, 214-219. doi:10.25341/D4JC76. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10356/88293>. Acesso em: 12 jun. 2022

LORENZINI, G; OLSSON, A. Towards patient-centered packaging design: An industry perspective on processes, functions, and constraints. *Packaging Technology and Science*, Volume 32, Issue 2, 2019, P. 59-73. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pts.2419>. Acesso em: 12 jun. 2022

MA, S., TAN, M. K. J., & CHEN, S. Supply chain perspective on additive manufacturing. *Proceedings of the 3rd International Conference on Progress in Additive Manufacturing (Pro-AM 2018)*, 353-357. doi:10.25341/D45884. Disponível em: <https://dr.ntu.edu.sg/handle/10220/45850>. Acesso em: 12 jun. 2022

MACKINNON, RB; OOMEN, J.; PEDERSEN ZARI, M. Promises and Presuppositions of Biomimicry. *Biomimetics* 2020, 5, 33. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biomimetics5030033>. Acesso em: 12 jun. 2022

MADDAH, H. Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. *American Journal of Polymer Science* 2016, 6(1): 1-11. DOI: 10.5923/j.ajps.20160601.01. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290439450_Polypropylene_as_a_Promising_Plastic_A_Review. Acesso em: 09 mai. 2022

MEHRPOUYA, M; TUMA, D; VANEKER, T; AFRASIABI, M; BAMBACH, M; GIBSON. Multimaterial powder bed fusion techniques. *Rapid Prototyping Journal*, Volume 28, Issue 11, Page1-19. DOI10.1108/RPJ-01-2022-0014. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/RPJ-01-2022-0014/full/html>. Acesso em: 04 jun. 2022

MEHRPOUYA, M; VAHABI, H; JANBAZ, S; DARAFSHEH, A; MAZUR, T; RAMAKRISHNA, S. 4D printing of shape memory polylactic acid (PLA). *Polymer*, Volume 230, 2021, 124080, ISSN 0032-3861. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2021.124080>. Acesso em: 10 mai. 2022

MOKWENA, K; TANG, J. Ethylene Vinyl Alcohol: A Review of Barrier Properties for Packaging Shelf Stable Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52:7, 2012, 640-650, DOI: 10.1080/10408398.2010.504903. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2010.504903>. Acesso em: 10 mai. 2022

NIE, M. The Demand Design in Packaging Design. *Advances in Social Science Education and Humanities Research*, Volume 378, P. 667-670, 2019.

NISTICÒ, R. Polyethylene terephthalate (PET) in the packaging industry. *Polymer Testing*, Volume 90, 2020, 106707, ISSN 0142-9418. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106707>. Acesso em: 10 mai. 2022

OLIVERIA, Ana; BORGES, Soraia. Poli (Ácido Lático) Aplicado para Embalagens de Alimentos: Uma Revisão. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 15, n. 1 (2020) 1-10. UFCG. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/viewFile/713/501>. Acesso em 13 abr. 2022

ÖZGEN, C. Sustainable Design Approaches on Packaging Design. In: Firat, S., Kinuthia, J., Abu-Tair, A. (eds) *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2017)*. ISBS 2017. *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 7. Springer, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-64349-6_16. Acesso em: 12 jun. 2022

PICCO, Camila; DOMÍNGUEZ-ROBLES, Juan; UTOMO, Emilia; PAREDES, Alejandro J.; VOLPE-ZANUTTO, Fabiana; MALINOVA, Dessislava; DONNELLY, Ryan F.; LARRAÑETA, Eneko. 3D-printed implantable devices with biodegradable rate-controlling membrane for sustained delivery of hydrophobic drugs, *Drug Delivery*, 29:1, 1038-1048. 2022. DOI: 10.1080/10717544.2022.2057620. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10717544.2022.2057620>. Acesso em: 04 jun. 2022

PLESSIS, A; BROECKHOVEN, C; YADROITSAVA, I; YADROITSEV, I; HANDS, C.H; KUNJU, R; BHATE, D. Beautiful and Functional: A Review of Biomimetic Design in Additive Manufacturing. *Additive Manufacturing*, Volume 27, 2019, Pages 408-427, ISSN 2214-8604. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.03.033>. Acesso em: 05 jun. 2022

RAHIMIZADEH, A; YAZDANI, H; J BARROETA, J; GHOLIPOUR, J; ASHRAFI, B. Biomimetic bi-material designs for additive manufacturing. *Bioinspir. Biomim.* 17 (2022) 046006. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-3190/ac6921>. Acesso em: 04 jun. 2022

Renjith, S.C., Park, K. & Okudan Kremer, G.E. A Design Framework for Additive Manufacturing: Integration of Additive Manufacturing Capabilities in the Early Design Process. *Int. J. Precis.*

Eng. Manuf. 21, 329–345 (2020). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12541-019-00253-3>. Acesso em: 12 jun. 2022

RESENDE, Lorena. Análise das características do polietileno verde como alternativa a substituição do polietileno petroquímico. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do UNIFOR-MG para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química. 2018. Disponível em: https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/bitstream/handle/123456789/733/TCC_LorenaMoraisResende.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 abr. 2022

RINEBOLD, K. Feasibility analysis reduces cycle time for advanced package design. Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (spie), Volume 3830, P. 159-162, 1999.

RODRIGUES, Taynara Tatiane. Polímeros nas indústrias de embalagens. 2018. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24082/1/Pol%c3%admerosInd%c3%bastriasEmbalagens.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022

RODRIGUES, Renata; REZENDE, Luciana. Uma proposta para o desenvolvimento de embalagens sustentáveis de cosméticos. Anais Eletrônico XII EPCC. UNICESUMAR - Universidade Cesumar. 2021. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/anais-epcc-2021/wp-content/uploads/sites/236/2021/11/775.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022

SÁ, Alice; MAGALHÃE, Viana. Design e Biomimética: uma revisão sistemática da literatura. 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.18766.20808. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alice-Marques-De-Sa/publication/339916397_Design_e_Biomimetica_uma_revisao_sistematica_da_literatura/links/5fbfe4cfa6fdcc6cc66c7ae9/Design-e-Biomimetica-uma-revisao-sistematica-da-literatura.pdf. Acesso em: 04 jun. 2022

ŠAFKA J, ACKERMANN M, VÉLE F, MACHÁČEK J, HENYŠ P. Mechanical Properties of Polypropylene: Additive Manufacturing by Multi Jet Fusion Technology. Materials. 2021; 14(9):2165. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma14092165>. Acesso em: 09 mai. 2022

SALVADOR, Mayara Paitz et al. Influência do material de embalagem na estabilidade de formulação cosmética contendo Vitamina C. Revista Brasileira Multidisciplinar - ReBraM Vol. 19, n.2, dezembro 2016. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/412#:~:text=Atrav%C3%A9s%20dos%20resultados%20foi%20poss%C3%ADvel,os%20caracteres%20iniciais%20da%20formula%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 14 mar. 2022

SHEN, Q; VAHDATIKHAKI, F; VOORDIJK, H; GUCHT, J; MEER, L. Metamodel-based generative design of wind turbine foundations. Automation in Construction, Volume 138, 2022, 104233, ISSN 0926-5805. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104233>. Acesso em: 12 jun. 2022

STEFANINI, R., BORGHESI, G., RONZANO, A. et al. Plastic or glass: a new environmental assessment with a marine litter indicator for the comparison of pasteurized milk bottles. Int J Life Cycle Assess 26, 767–784 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01804-x>

TAVSAN, C; TAVSAN, F; SONMEZ; E. Biomimicry in Architectural Design Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 182, 2015, Pages 489-496, ISSN 1877-0428. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.832>. Acesso em: 12 jun. 2022

TITOTTO, S; OLIVEIRA, D; FERRANTE, A. Space and energy: relationships among architects from nature. *SCientific RESearch and Information Technology. Ricerca Scientifica e Tecnologie dell'Informazione*. Vol 5, Issue1 (2015), 115-120. e-AISSN 2239-4303, DOI 10.2423/i22394303v5n1p115. Disponível em: <http://www.sciresit.it/article/view/11425/10618>. Acesso em: 07 mai. 2022

TWEDE, Diana. *Materiais para embalagens*. Editora Blucher, 2010, p. 51. 9788521215585. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215585/>. Acesso em: 07 mai. 2022.

WANG, H; DU, W; ZHAO, Y; WANG, Y; HAO, R; YANG, M. Joints for treelike column structures based on generative design and additive manufacturing. *Journal of Constructional Steel Research*, Volume 184, 2021, 106794, ISSN 0143-974X. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2021.106794>. Acesso em: 04 jun. 2022

XIONG, Y.; DUONG, P. L. T.; RAGHAVAN, N.; ROSEN, D. W. A rapid design exploration framework under additive manufacturing process uncertainty. *Proceedings of the 3rd International Conference on Progress in Additive Manufacturing (Pro-AM 2018)*, 208-213. doi:10.25341/D44K5S. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10356/88273>. Acesso em: 12 jun. 2022

ZAMBANINI, Marcos; BRESCIANI, Luis; PEREIRA, Raquel; SOUZA, Dércia; ORTEGA, Gustavo. Sustentabilidade e inovação: um estudo sobre o plástico verde. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.7, n.2, p. 429-453, mai./ago. 2014. Disponível em: <https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2022

ZARAZA, J; MCCABE, B; DUHAMEL, M; POSEN, D. Generative design to reduce embodied GHG emissions of high-rise buildings. *Automation in Construction*, Volume 139, 2022, 104274, ISSN 0926-5805. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104274>. Acesso em: 12 jun. 2022

ZHAO, Yali; DU, Jian; ZHOU, Huimin; ZHOU, Siying; LV, Yanna; CHENG, Yi; TAO, Yehan; LU, Jie; WANG, Haisong. Biodegradable intelligent film for food preservation and real-time visual detection of food freshness. *Food Hydrocolloids*, Volume 129, 2022, 107665, ISSN 0268-005X. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107665>. Acesso em: 04 jun. 2022

ZHELYAZKOV, Stoil; ZSIVANOVITS, Gabor; STAMENOVA, Eleonora; MARUDOVA, Maria. Physical and Barrier Properties of Clove Essential Oil Loaded Potato Starch Edible Films. *Biointerface Research in Applied Chemistry Open-Access Journal* (ISSN: 2069-5837), Volume 12, Issue 4, 2022, 4603 - 4612. Disponível em: <https://doi.org/10.33263/BRIAC124.46034612>. Acesso em: 04 jun. 2022

ZHENG, B. Green Packaging Materials and Modern Packaging Design. *Applied Mechanics and Materials*, vol. 271–272, Trans Tech Publications, Ltd., Dec. 2012, pp. 77–80. Crossref. Disponível em: doi:10.4028/www.scientific.net/amm.271-272.77. Acesso em: 12 jun. 2022

