



Design para reflorestamento: estudo de caso da produção de dispositivos biodegradáveis para dispersão de sementes por plantio aéreo

Design for reforestation: case study of production of biodegradable devices for seed dispersal by aerial planting

Daniel de Souza Gamarano, Mestre, PPGD / UEMG.

dgdanielgamarano@gmail.com

Júlia Silveira Pereira Guimarães, Mestre, Escola de Design / CDE / UEMG.

juliaguimaraes997@gmail.com

Artur Caron Mottin, Doutor, PPGD / UEMG; PPGEM / CEFET-MG.

artur.mottin@cefetmg.br

Caroline Salvan Pagnan, Doutora, PPGD / UEMG.

carolinespagnan@gmail.com

Eliane Ayres, Doutora, PPGD / UEMG.

eayres.pu@hotmail.com

Resumo

O reflorestamento visa recuperar áreas degradadas por meio do plantio de espécies nativas, promovendo a manutenção da biodiversidade. Neste estudo experimental, foi desenvolvido um dispositivo baseado em análise bioinspirada para dispersão de sementes, avaliando sua viabilidade e impacto ambiental. O material utilizado demonstrou ser não tóxico e permitiu a liberação prolongada de ureia no solo, favorecendo o crescimento das plantas. O protótipo do dispositivo se mostrou eficiente e promissor para ampliar as soluções inovadoras voltadas ao reflorestamento, podendo complementar práticas já adotadas no Brasil. Considerando a importância da escolha das espécies, a disponibilidade hídrica e a qualidade do solo, a metodologia proposta pode contribuir de maneira significativa para estratégias sustentáveis de recuperação ambiental. Os resultados indicam que a dispersão aérea de sementes, aliada a dispositivos projetados, pode ser uma alternativa viável para a restauração de ecossistemas degradados.

Palavras-chave: Design de produto; Bioinspiração; Recuperação ambiental.

Abstract

Reforestation aims to restore degraded areas by planting native species and promoting biodiversity conservation. In this experimental study, a device inspired by natural seed dispersal mechanisms was developed and evaluated for its feasibility and environmental impact. The material used was found to be non-toxic and enabled the sustained release of urea into the soil, supporting plant growth. The device prototype demonstrated efficiency and shows promise as an innovative solution for reforestation efforts, potentially complementing existing practices in Brazil. Considering factors such as species selection, water availability, and soil quality, the proposed methodology could significantly enhance sustainable environmental restoration strategies. The results suggest that aerial seed dispersal, when combined with purpose-designed devices, may serve as a viable approach for restoring degraded ecosystems.

Keywords: Product design; Bioinspiration; Environmental recovery.



1. Introdução

As florestas desempenham um papel essencial na vida humana, fornecendo recursos essenciais, como alimentos, medicamentos e combustível, para mais de um bilhão de pessoas globalmente. Além disso, contribuem para a mitigação das mudanças climáticas, protegem solos e recursos hídricos e abrigam mais de três quartos da biodiversidade terrestre (FAO, 2018).

O desmatamento em regiões tropicais é um fenômeno complexo, resultante da interação de fatores econômicos, institucionais, políticos e estruturais. O desmatamento está diretamente relacionado ao crescimento populacional, que exerce pressão sobre áreas naturais e impulsiona a conversão de florestas em terras agrícolas e pastagens (Geist & Lambin, 2001).

O relatório o *Estado das Florestas no Mundo* destaca três estratégias fundamentais para enfrentar as crises ambientais: interromper o desmatamento e conservar as florestas; restaurar áreas degradadas e expandir práticas agroflorestais; e promover o uso sustentável dos recursos florestais, fortalecendo cadeias produtivas verdes (FAO, 2022). Apesar da redução global na taxa de desmatamento ao longo das últimas décadas, as florestas tropicais ainda continuam sendo as mais ameaçadas, concentrando a maior parte da degradação ambiental registrada no período, conforme apontado pela Pesquisa de Sensoriamento Remoto da Avaliação Global de Recursos Florestais (FRA 2022).

No Brasil, a Mata Atlântica tem grande representatividade histórica e ecológica, destacando-se pela sua biodiversidade e pelo alto número de espécies endêmicas, existentes apenas na região. Estima-se que a região abriga cerca de 20.000 espécies de plantas – aproximadamente 36% do total registrado no país –, além de 2/3 dos primatas brasileiros, 270 espécies de mamíferos, 849 de aves, 190 de répteis, 370 de anfíbios e 350 de peixes (Rodrigues *et al.*, 2009). Com distribuição ao longo do território nacional, a Mata Atlântica apresenta diferentes formações vegetais, desde as Matas de Araucárias no Sul até os manguezais litorâneos. Entretanto, dados do MapBiomas (2020) indicam que apenas 20% da vegetação original ainda permanece intacta.

Diante desse cenário, é fundamental explorar estratégias de reflorestamento para recuperar ecossistemas degradados. As principais abordagens incluem o plantio de mudas provenientes de viveiros, realizado manualmente ou com o auxílio de equipamentos como plantadoras; a semeadura direta no solo, que pode ser feita manualmente ou com o uso de máquinas como tratores e arados; e a dispersão aérea de sementes, empregando aviões ou helicópteros. A escolha da técnica mais adequada depende de fatores como a qualidade do solo, a acessibilidade da área para o plantio e as condições ambientais do local (Rodrigues *et al.*, 2009).

2. Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento do projeto de design experimental do dispositivo, foi adotada a abordagem de bioinspiração proposta por Soares *et al.* (2017), baseada na analogia. Esse método busca soluções naturais por meio da tradução das características estruturais e formais dos organismos para o design de produtos. Segundo os autores, a aplicação da analogia pode ser analisada em três campos: formação, pesquisa e projetual.



O campo da formação refere-se ao ensino, abordando didáticas e processos que avaliam aspectos naturais. Os autores incentivam a experimentação e abstração para contextualizar a filosofia por trás do design bioinspirado. O campo da pesquisa envolve estudos voltados à obtenção de respostas para questões iniciais, podendo ser teórico-bibliográfico ou aplicado, com a criação de modelos e protótipos. Já o campo projetual está ligado aos princípios biônicos e sua aplicação prática no design.

O método desenvolvido pelo laboratório de BioDesign de Soares *et al.* (2017) utiliza a analogia de organismos vivos para resolver problemas de projeto. Para isso, são empregadas ferramentas como representação fotográfica, descrição verbal, esquematização por desenho e modelagem. A representação fotográfica deve ser detalhada para documentar as características estruturais do organismo analisado. A descrição verbal reúne informações técnicas e históricas sobre o elemento natural. A esquematização, feita por meio de desenhos, inicia-se com representações de observação, seguidas de abstrações que mantêm coerência com o organismo estudado. O processo finaliza-se com a construção de um modelo tridimensional, físico ou virtual, com a análise dos mecanismos propostos a partir do estudo da analogia.

O projeto integra uma pesquisa mais ampla que, além do desenvolvimento do dispositivo, avaliou a produção e caracterização de um biopolímero de amido com ureia para liberação controlada, contribuindo para o crescimento inicial das plantas (Gamarano, 2020; Gamarano, 2022).

3. Estudos de análise de vôo

O desenvolvimento do projeto seguiu a estrutura proposta por Soares *et al.* (2017), incorporando representação fotográfica, verbal, esquematização e modelos. O estudo investigou as diferentes estratégias de voo das sementes aladas.

Segundo Oliveira e Moreira (1992), a dispersão pelo vento, conhecida como anemocoria, ocorre devido às adaptações morfológicas específicas em diversas famílias de plantas. Essas sementes podem ser classificadas em seis tipos: autogiro, autogiro rotativo, planadora, flutuante, tipo helicóptero e não classificada. Fatores como a altura de liberação das sementes e a velocidade do vento influenciam diretamente o tempo de voo. Em áreas densamente povoadas pelas plantas, a dispersão pode ser reduzida devido à presença de obstáculos que interferem no trajeto das sementes.

Neste projeto, foram analisadas três tipologias de sementes, cada uma com características específicas, apresentadas na Figura 1:

- Primeira tipologia – sementes cujo eixo de gravidade está deslocado do centro.
- Segunda tipologia – sementes com o eixo de gravidade localizado no centro da estrutura.
- Terceira tipologia – a mais diversa, onde o eixo de gravidade está posicionado em um plano distinto da estrutura responsável pela flutuação.

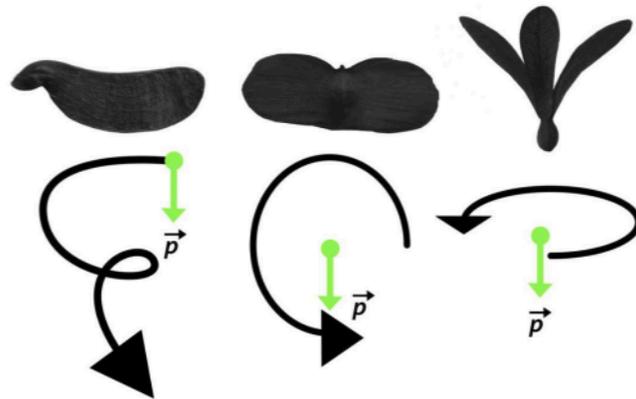


Figura 1: Exemplo de diferentes tipos de planos de voos de sementes aladas. Fonte: elaborado pelos autores.

As três tipologias de sementes possuem estruturas membranosas rígidas, amplas, leves e finas, similares às hélices. Quando as estruturas dispersoras das sementes nas árvores atingem a maturidade, as sementes são liberadas, adquirindo velocidade e trajetória específicas. Esse mecanismo permite que elas atravessem longas distâncias planando com o vento, aumentando a chance de germinação longe da planta-mãe. Dessa forma, a anemocoria desempenha um papel fundamental na dinâmica populacional da espécie em determinada região (Baidya, 2016).

A autora analisou a trajetória de voo das sementes de mogno (*Swietenia mahagoni*) e observou que a variação da trajetória dependia do modo como a semente era lançada, especialmente durante o período inicial de queda livre. Cada lançamento apresentou um ponto de ação distinto, ou seja, o momento em que a semente se equilibrava e começava a rotacionar. A partir desse ponto, cada experimento resultou em um local de pouso diferente.

Como complementa a pesquisa da equipe da Postech BBRC (2014), que analisou o processo de auto rotação de sementes de bordo (da família *Acer*), concluindo que as sementes com essa tipologia de voo retardam sua descida ao explorar a baixa pressão gerada por um vórtice que se forma na borda principal da asa, e assim, faz girar. Esse tipo de vórtice também ocorre em estruturas naturais, como asas de insetos, morcegos e beija-flores, e pode representar uma solução aerodinâmica convergente ao analisarmos a evolução do voo na natureza (Lentink *et al.*, 2009).

A Figura 2 apresenta uma análise da estrutura dessa tipologia de semente considerando o tipo de voo auto rotacional com centro de gravidade deslocado do centro. O bálsamo (*Myroxylon peruiferum*) com centro de gravidade deslocado do centro de gravidade pode ser considerado o ponto onde se concentra o peso de determinado corpo, sendo atraído para o centro da Terra. A borda de fuga é onde o vento “escapa”, quando em contato com um corpo.

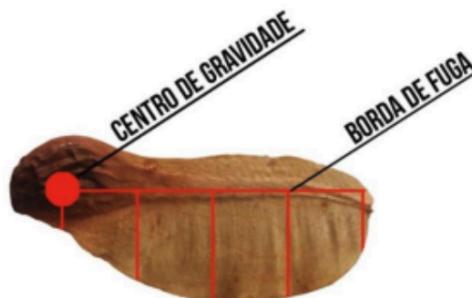


Figura 2: Exemplo de semente com estrutura de voo auto rotacional. Fonte: elaborado pelos autores.

Durante a realização do projeto, foram colhidas sementes que apresentavam como característica a anemocoria. Essa coleta foi realizada em áreas arborizadas da região metropolitana de Belo Horizonte – MG, e posteriormente foram identificadas em conjunto a equipe botânica do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais (MHNJB-UFMG). As amostras que não conseguiram ser classificadas foram desconsideradas para a avaliação. A Figura 3 apresenta exemplares de espécies encontradas dentro do espaço do museu. Além do estudo estrutural, a análise do voo dessas sementes permitiu uma exploração prática sobre a dispersão aérea.



Figura 3: Diferentes sementes com estrutura de voo auto rotacional. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Prototipação

Para a materialização da ideia, foram realizados modelos tridimensionais funcionais como forma de validar os aspectos do sistema. Muitas das análises propostas foram feitas a partir do entendimento e estudo de práticas ambientais e projetos de reflorestamento, sobretudo realizados por dispersão em vias aéreas. Foram realizados de diversos materiais alternativos, até a finalização da proposta com o modelo final, utilizando o material produzido e caracterizado (Gamarano *et al.*, 2016). Após as gerações de alternativas iniciais (Figura 4 A,B), que consideraram o estudo das sementes aladas e primeiras ideações, foram realizados modelos feitos de papel vegetal e sementes de milho, (Figura 4 C). Nessa primeira fase os testes permitiram avaliar o peso, estrutura e o tamanho necessário para que o dispositivo pudesse ser lançado e plainasse pelo ar, bem como a melhor posição necessária para equilibrar o sistema.

Nesta etapa foram realizados modelos que comportassem de acordo com as diversas sementes analisadas. O que pode ser observado, é que o grande influenciador do projeto, seria a semente escolhida, uma vez que o dispositivo que fosse desenvolvido deveria resolver os problemas e demandas necessárias de uma única espécie, pois cada uma tem a sua

especificidade, tal como peso, formato, quebra de dormência, dentre outras características. Em seguida, foram realizados modelos a partir de material alternativo, papel com espessura de 1 mm, (Figura 4D) com finalidade de avaliar, dentro de um grupo específico de modelos, qual seria o mais eficiente. Nesta etapa, foram avaliadas a superfície de contato total e possíveis regiões para a disposição das sementes. Constatou-se que os materiais com rigidez elevada, como o papel utilizado, poderiam dificultar o processo de lançamento, pois materiais com maior flexibilidade poderiam ter uma melhor trajetória de voo. Esta constatação foi realizada, sobretudo, após analisar o voo das sementes de milho utilizando o modelo de papel vegetal, anteriormente citado. Em etapa sucessiva, foram realizados modelos funcionais feitos de papel 90 gramas, as sementes nativas das plantas selecionadas e fita adesiva para união (Figura 4E). Foram feitos modelos semelhantes à fase anterior, e constatou-se que pela leveza e flexibilidade do material, este teve um voo melhor que os modelos anteriores.

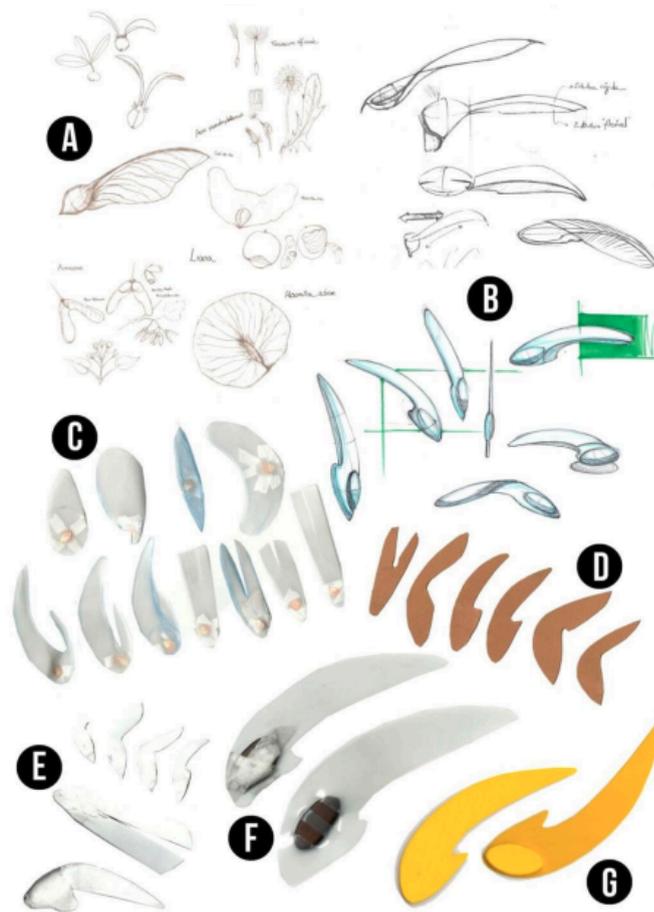


Figura 4: Exploração de alternativas do protótipo. Fonte: elaborado pelos autores.

Adiante, os modelos foram confeccionados com o uso de filmes de PVC 0,5 mm, das sementes definidas inicialmente (ingá branco, *Inga laurina*) (Figura 4E). A importância dessa fase deu-se principalmente pela definição da área total utilizada, e foram definidos os modos de encaixe e fixação para a semente. Com relação a este último requisito, o modo de junção entre a peça e a semente deveria ser pensado a fim de possibilitar a estrutura mínima do sistema, para ser lançado por avião, e que não comprometesse a germinação e deterioração sucessiva. Prezou-se, portanto, pela tentativa de eliminação total de elementos fixadores (Figura 4F) ao criar rasgos no qual poderiam ser intercalados o material e a semente, todavia seu voo foi comprometido, pois a estrutura não permanecia plana. A ideia sucessiva foi a de criação de um rebaixo, uma “cama”, capaz de alojar a semente.

Foi definida assim, a criação de um rebaixo amplo o suficiente para conter a maior semente disponível. Realizou-se, assim, um modelo em prototipagem rápida em ABS, (como ilustrado na Figura 4G), para a análise da estrutura e posteriormente, a realização do modelo final, em processo de termoformagem. O modelo em ABS, assim, serviu de molde positivo para a realização dos outros modelos, realizados com filme de PVC.

Todavia, após essa primeira análise realizada, percebeu-se que a semente posicionada lateralmente, com centro de gravidade longe do centro do dispositivo, não permitiu o voo. Esse fato pode estar relacionado à estrutura criada, peso excessivo e falta de estrutura que permitisse a auto rotação. Por isso, em uma etapa sucessiva, foi considerada a centralização do centro de gravidade, como percebido em sementes de capitão-do-mato (Figura 5A). A partir daí, foram considerados também uso de sementes menores, com o intuito de diminuir o peso total do dispositivo e facilitar o suporte no vento. A Figura 5 (B e C) apresenta os testes realizados, tanto com eixo de gravidade deslocado quanto centralizado no dispositivo. Os melhores resultados foram encontrados na segunda opção. O material prensado foi considerado para a produção do dispositivo (Figura 5D), e seu dimensionamento é descrito na Figura 5E. A solução encontrada, destacada na Figura 6, demonstrou capacidade de voo giratório em torno de seu eixo e tem potencial para ser aprimorada e adaptada a sementes maiores e com diferentes formatos.

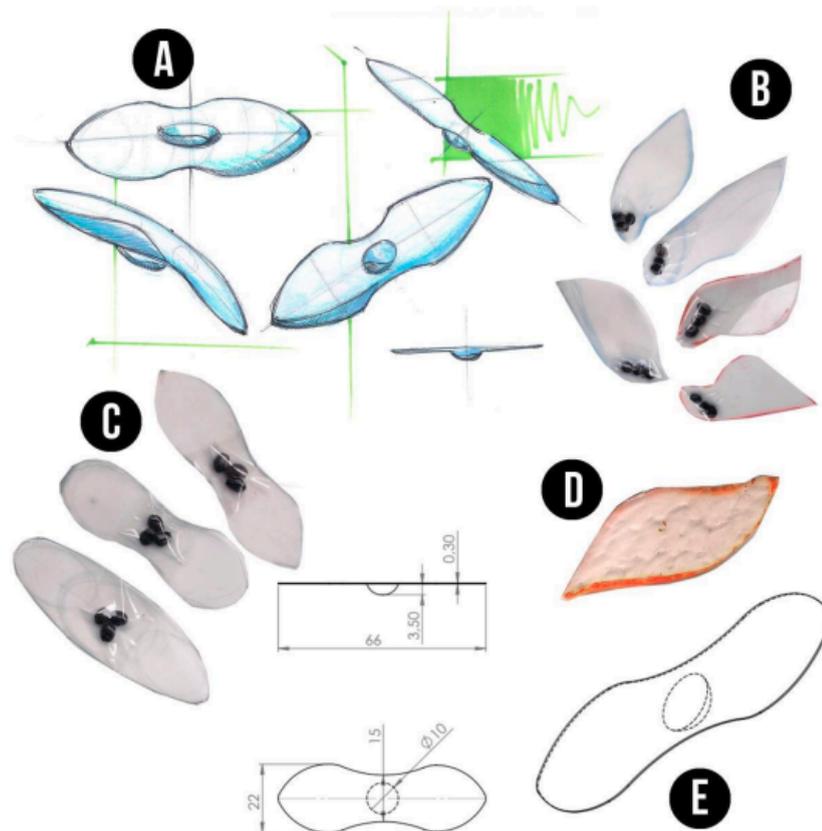


Figura 5: Etapas de definição final do projeto. Fonte: elaborado pelos autores.

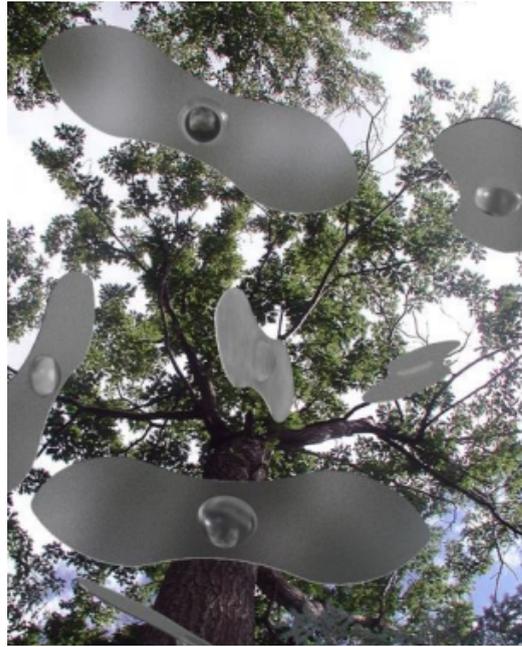


Figura 6: Avaliação da solução final. Fonte: elaborado pelos autores.

A fim de aprofundar a análise foi realizado o CFD (*Computational Fluid Dynamics*) para verificar os distúrbios aerodinâmicos causados pela geometria do projeto proposto. Os detalhes do perfil aerodinâmico podem ser vistos na Figura 7.

O processo da análise computacional fluido-dinâmica considerou o modelo estático e o fluxo de ar ascendente passando pela estrutura do modelo. Nota-se a formação de um fluxo turbulento assim que o ar ultrapassa a porção lateral do modelo, indicando uma queda na pressão e possível movimentação rotacional resultante, fator desejável no projeto. Outros estudos de CFD encontraram condições similares, mas talvez o mais importante sobre o uso dessa ferramenta é como o CFD pode ajudar nos processos de otimização antes das etapas de prototipação, reduzindo o tempo e aumentando a assertividade no projeto (Voultsou *et al.*, 2025).

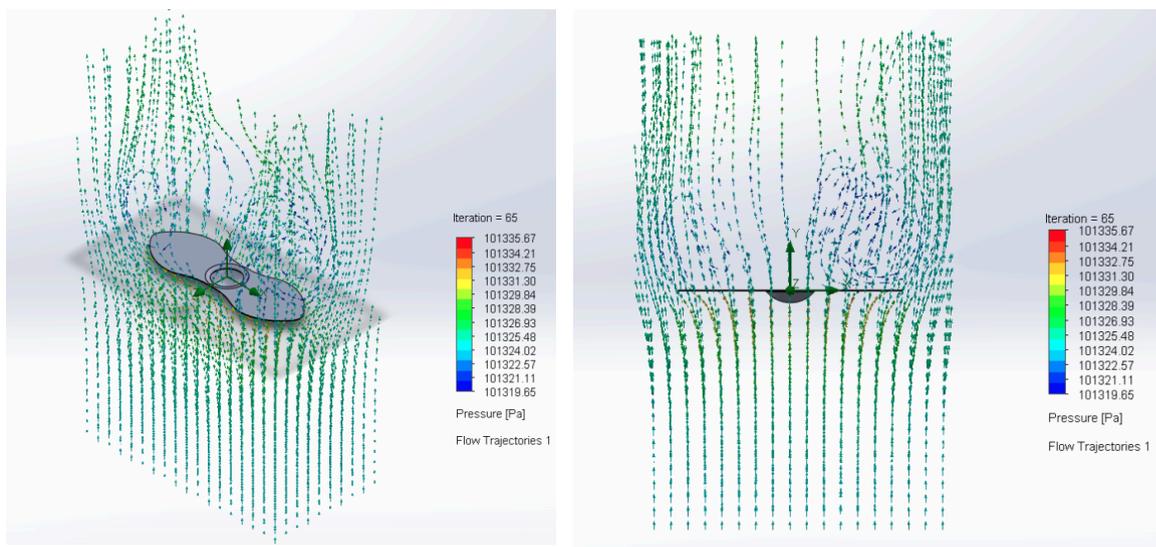


Figura 7: Análise CFD da solução final. Fonte: elaborado pelos autores.

6. Análise de germinação

O processo de germinação considerou a norma OECD/208. Os primeiros testes realizados foram estruturados considerando rabanetes, devido ao crescimento rápido das plantas (Gamarano, 2022).

Os resultados encontrados deram contribuições para a realização da etapa posterior, a de plantio de espécies de plantas nativas. Para isso, foi considerado o uso de sementes que foram encontradas no MHNJB-UFMG. Os plantios foram realizados por 5 meses, considerando o ingá-branco (*Inga laurina* (Sw.)Willd). A Flora do Brasil (2018) destaca que ela é uma árvore nativa não endêmica, presente em diversos estados brasileiros encontrada na Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. Suas árvores possuem de 5 a 8 metros de comprimento, com folhas pecioladas, inflorescências em espiga, frutos sésseis, amarelos quando maduros, sendo adocicado e comestível. Ela floresce principalmente nos meses de setembro a novembro e frutifica de dezembro a janeiro (Possete e Rodrigues, 2010).

Foram plantados 50 tubetes, com uma semente em cada (Figura 8A). Desse total, 25 continham o material proposto de amido com 5% de ureia e 25 não continham tinha material, sendo tido como controle. O experimento foi realizado no MHNJB-UFMG, em espaço aberto com acesso à incidência solar constante, sem interferência de sombras. As sementes germinaram em 7 dias, (Figura 8B), e 18 dias depois da germinação as plantas já possuíam por volta de 70 mm (Figura 8C). Das 50 sementes plantadas, 19 germinaram na presença do material, e 14 germinaram na ausência do material.

Os testes indicaram que o material não apresentou toxicidade para as plantas. A análise qualitativa das amostras — considerando folhas, caule, estrutura e ausência de clorose — sugere seu potencial para aplicação em espécies nativas, além das agrícolas.



(a)



(b)



(c)

Figura 8: Análise da germinação do Ingá branco. Fonte: elaborado pelos autores.



7. Considerações Finais

O presente trabalho demonstrou o potencial do design bioinspirado na concepção de dispositivos biodegradáveis para dispersão aérea de sementes, contribuindo para estratégias inovadoras de reflorestamento. A análise biomimética utilizada no desenvolvimento do projeto e aplicada aos protótipos evidenciou a eficácia dos mecanismos naturais de dispersão, aumentando o alcance das sementes lançadas e, conseqüentemente, o sucesso na germinação das espécies selecionadas.

Os experimentos conduzidos indicaram que o material atóxico utilizado é viável para aplicações ambientais, permitindo a liberação controlada de ureia e favorecendo o crescimento inicial das plantas. No entanto, a ampla variedade de tamanhos e geometrias das sementes apresenta desafios importantes, exigindo a adequação dos dispositivos e ajustes nas propriedades aerodinâmicas para maximizar a dispersão e a taxa de estabelecimento das mudas.

Embora o projeto seja de caráter experimental e ainda não contemple aspectos operacionais relacionados à sua inserção no mercado, os resultados obtidos apontam caminhos promissores. A proposta carece de estudos complementares para validação em diferentes contextos e escalas, o que poderá fortalecer sua viabilidade e aplicação prática em iniciativas reais de reflorestamento.

Por fim, a metodologia adotada neste estudo mostra-se capaz de complementar técnicas tradicionais de restauração ecológica, ampliando as possibilidades de recuperação de ecossistemas degradados. Ao integrar o design de forma multidisciplinar à engenharia e às ciências biológicas, o trabalho busca contribuir para o avanço do conhecimento em soluções sustentáveis voltadas à regeneração ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsas e apoio financeiro durante o período de desenvolvimento deste estudo, e as instituições Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG e ao Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais (MHNJB-UFMG) pelo apoio e infraestrutura disponibilizada para pesquisa.

Referências

BAIDYA, D. Application Analysis of Swietenia Mahagoni (Mahogany) Seed's Unique Aerodynamical Landing Characteristics. **American Journal of Aerospace Engineering**. v. 3, nº. 3, p. 31-35, 2016.

FAO. Global Plan of Action for the conservation, sustainable use and development of forest genetic resources. Commission on genetic resources for food and agriculture 2018.

FAO The State of the World Forests. Disponível em <<https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-the-worlds-for-ests/en>> Acesso 15 Fev. 2025.

FLORA DO BRASIL. **Inga in Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/ficha.html?idDadosListaBrasil=23007>> . Acesso em: 29 Jul. 2018



FRA Global Forest Resources Assessment 2020. Disponível em <<https://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2020/en/>> Acesso 15 Fev. 2025.

GEIST, H.J.; LAMBIN, E.F. What drives tropical deforestation? **LUCC Report Series** No4. Land Use and Land Cover Change, International Geosphere-Biosphere Programme, 2001.

GAMARANO, D. S.; MIRANDA, C. A.S.; MOTTIN, A. C.; PAGNAN, C. S. . Aplicação do design de produto em práticas de recuperação florestal através de sistema de semeadura aérea . p. 1939-1950 . In: **Anais do 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. Blucher Design Proceedings, v. 9, n. 2. São Paulo: Blucher, 2016.

GAMARANO, D.S.; PEREIRA, I. M.; SILVA, M, C.; MOTTIN, A. C.; AYRES, E. Crystal structure transformations in extruded starch plasticized with glycerol and urea. **Polym. Bull.** 77, 4971–4992 (2020).

GAMARANO, D.S.; PEREIRA, I. M.; MOTTIN, A. C.; AYRES, E. Thermoplastic Starch - Urea, a Feasible Alternative to Release Nitrogen as Fertilizer. **Macromolecular Symposia (online)**, v. 406, p. 2200043, 2022.

LENTINK, D.; DICKSON, W.B.; LEEUWEN, J.L. van.; DICKINSON, M.H. Leading-Edge Vortices Elevate Lift of Autorotating Plant Seeds. **Science**, Vol.324, June 2009. 3p.

MAPBIOMAS. **Mata Atlântica: o desafio de zerar o desmatamento no bioma onde vivem mais de 70% da população brasileira**. Disponível em <<https://brasil.mapbiomas.org/>> Acesso 15 Fev. 2025.

OLIVEIRA, P.E.A.M.; MOREIRA, A.G. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galera de Brasília, DF. **Revista Brasil Bot.** 15(2): p 163-174. 1992.

POSSETE, R.F.d S.; RODRIGUES, W.A. O gênero *Inga* Mill. (Leguminosae – Mimosoideae) no estado do Paraná, Brasil. **Acta bot. bras.** 24(2): 354-368, 2010.

POSTECH BBRC. **Autorotation of Maple Seeds. Biofluid and Biomimic Research Center. Pohang University of Science and Technology**, 2014. Disponível em:<<https://bbrc.postech.ac.kr/rb/?r=home&c=50/54&uid=300>>. Acesso 27 Jul. 2024.

RODRIGUES, R. R; BRANCALION, P. H. S; ISERNHAGEN, I. Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo : LERF/ESALQ : **Instituto BioAtlântica**, 2009. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/pdf/referencial-teorico.pdf>> Acesso 15 fevereiro 2025.

SOARES, T.L.F.S; ARRUDA, A.J.V; MELLO, B.L.A.; OLIVEIRA, B.A.R.M. Análises sobre uma Metodologia Biomimética Aplicada em Curso de Design no Brasil DISEÑOCONCIENCIA. **Anais. IX Congreso Internacional de Diseño de La Habana**, Cuba 2017.

VOULTSOU, D.M.; SALIAKAS, S.; DAMILOS, S., KOUMOULOS, E.P. Computational Fluid Dynamics as a Digital Tool for Enhancing Safety Uptake in Advanced Manufacturing Environments Within a Safe-by-Design Strategy. **Materials (Basel)**. 2025 Jan 9;18(2):262. doi: 10.3390/ma18020262. PMID: 39859733; PMCID: PMC11766716.