

Biomimética na Melhoria da Dispersão de Sementes da *Bertholletia excelsa* na Amazônia

Lucas Henrique Benedito¹, Janecler Foppa²

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas (Facet Sinop) - UNEMAT

RESUMO

Este artigo acadêmico aborda o papel fundamental desempenhado pela cutia (*Dasyprocta* spp.) na dispersão de sementes de castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*) em ecossistemas tropicais da América do Sul, com uma atenção especial na região amazônica. A castanha-do-Pará é uma espécie de árvore produtora de sementes comestíveis, altamente valorizadas por suas propriedades nutricionais e econômicas. A cutia, por sua vez, é um pequeno roedor que habita essas áreas tropicais e tem uma estreita relação ecológica com a castanheira-do-Pará. O estudo analisa como a cutia desempenha um papel central na dispersão das sementes da castanha-do-Pará, promovendo a regeneração da espécie vegetal e a manutenção da biodiversidade na floresta amazônica.

Palavras-chave: Biodiversidade. Ecossistemas. Reflorestamento. Tecnologia.

ABSTRACT

This academic article addresses the fundamental role played by the agouti (*Dasyprocta* spp.) in the dispersal of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) seeds in tropical ecosystems of South America. The Brazil nut is a species of tree that produces edible seeds highly valued for their nutritional and economic properties. The agouti, in turn, is a small rodent that inhabits these tropical areas and has a close ecological relationship with the Brazil nut tree. The study examines how the agouti plays a central role in the dispersal of Brazil nut seeds, promoting the regeneration of the plant species and the maintenance of biodiversity in Amazon rainforest.

Keywords: Biodiversity. Ecosystems. Reforestation. Technology.

1. INTRODUÇÃO

A biomimética é uma área interdisciplinar que se baseia na imitação e adaptação de soluções encontradas na natureza para abordar uma ampla gama de desafios humanos através da tecnologia. O estudo partiu da disciplina de Biomimética no curso de Sistemas de Informação, Campus UNEMAT Sinop, em que tem como objetivo a sugestão de abordagem sincronizada do exemplo da natureza a favor da tecnologia e reflorestamento, desenvolvendo comedouros automatizados para controlar a dispersão de sementes de castanha-do-pará pelas cutias. A metodologia utilizada foi através de revisão bibliográfica. Essa abordagem é fundamentada na ideia de que a evolução ao longo de bilhões de anos gerou sistemas biológicos e estruturas que são eficientes, resilientes e altamente adaptadas aos seus ambientes. Portanto, ao estudar a biomecânica, a química, a arquitetura e outras características de organismos e ecossistemas, os pesquisadores podem extrair princípios e estratégias para projetar inovações em diversas áreas.

¹ Graduando em Sistemas de Informação - UNEMAT Campus de Sinop; e-mail: lucas.henrique.benedito@gmail.com.

² Doutora em Educação, conhecimento e inclusão social; Docente no curso de Sistemas de Informação - UNEMAT Campus de Sinop; e-mail: janecler.kozievitch@unemat.br.

2. Biomimética

A biomimética encontra aplicações em setores variados, desde o design de produtos até a engenharia e a medicina. No design de produtos, por exemplo, pode-se observar a criação de materiais inspirados nas propriedades autolimpantes das folhas de lótus ou o desenvolvimento de revestimentos que imitam a capacidade de autorrefrigeração da transpiração. Na engenharia, a biomimética influencia a criação de sistemas inspirados em animais, como a aerodinâmica de aeronaves baseada nas asas de aves ou robôs que imitam o movimento de seres vivos. Na medicina, biomateriais são projetados para replicar as características dos tecidos naturais, resultando em implantes médicos mais compatíveis e eficazes.

Além das aplicações técnicas, a biomimética também desempenha um papel importante na promoção da sustentabilidade. Inspirando-se na eficiência energética e nas estratégias de conservação da natureza, os projetos baseados na biomimética frequentemente contribuem para soluções mais ecológicas. Essa abordagem demonstra como se pode aprender com a biodiversidade e os ecossistemas para desenvolver tecnologias e sistemas que são mais alinhados com a resiliência da natureza, uma necessidade urgente em um mundo onde a sustentabilidade é fundamental. Portanto, a biomimética não é apenas uma ferramenta de inovação, mas também um meio de aumentar nosso entendimento e apreço pela complexidade da vida na Terra.

2. A Importância da castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*) na Amazônia

A castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*) é uma semente notável que desempenha um papel de destaque em várias dimensões, abrangendo desde a nutrição humana até a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável. Com seu perfil nutricional excepcional, contribuição para a conservação da biodiversidade e seu impacto econômico, a castanha-do-Pará é uma joia da natureza que merece atenção e valorização.

2.1 Papel Histórico

De acordo com Salomão (2014), ao longo da história, as sementes da castanheira-do-Pará sempre detiveram um valor econômico significativo na esfera regional. Essa relevância econômica desempenhou um papel fundamental na sustentação da prosperidade dos estados do Pará e do Amazonas, que historicamente haviam sido fortemente dependentes da indústria da borracha. Quando ocorreu a queda nos preços da borracha, a castanha-do-Pará emergiu como um fator estabilizador, evitando problemas mais graves na economia desses estados. Consequentemente, essa semente assumiu a posição de destaque tanto em termos de valor quanto de renda nas exportações dessas regiões.

2.2 Importância Socioeconômica

Além de seu apelo gastronômico, a castanha-do-Pará desempenha um papel crítico na manutenção da biodiversidade e na dinâmica dos ecossistemas florestais, enquanto também é objeto de exploração comercial em escala global.

A *Bertholletia excelsa* é uma semente de alto valor econômico que desempenha um papel crucial na economia, tanto regional quanto global. Sua importância abrange várias dimensões, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável, a geração de renda, o estímulo à conservação ambiental e o fortalecimento das economias locais. A coleta e a comercialização da castanha-do-Pará representam uma importante fonte de renda para as comunidades locais nas regiões de produção. Trabalhadores locais frequentemente se envolvem na colheita das castanhas, proporcionando empregos sazonais e sustentando famílias que dependem dessa atividade para seu sustento. Essa renda desempenha um papel fundamental no fortalecimento das economias regionais, melhorando a qualidade de vida das comunidades envolvidas.

A produção de castanhas muitas vezes está associada à agricultura familiar, em que pequenas propriedades cultivam castanheiras. Isso promove um modelo econômico baseado em práticas sustentáveis, respeitando o meio ambiente e contribuindo para a segurança alimentar local. Além da castanha, essas áreas frequentemente abrigam outras culturas e produtos florestais, diversificando a produção agrícola e garantindo resiliência econômica.

A exploração econômica da castanha-do-Pará frequentemente ocorre em áreas rurais e remotas, onde o desenvolvimento econômico pode ser limitado. Este setor econômico ajuda a diversificar a economia dessas regiões, estimulando o desenvolvimento rural e reduzindo a migração para áreas urbanas em busca de emprego. Além disso, promove práticas sustentáveis como o manejo responsável das castanheiras, contribuindo para a conservação do meio ambiente e a preservação das florestas tropicais.

3. A Cutia (*Dasyprocta punctata*)

As cutias, pertencentes ao gênero *Dasyprocta*, são roedores tropicais que se assemelham aos pequenos animais encontrados nas florestas da África tropical e da Ásia. Estes animais podem atingir um peso de até 6 kg e têm corpos alongados que chegam a medir até 76 cm de comprimento. Possuem características distintivas, como uma cabeça e garupa grandes, pernas finas, orelhas relativamente pequenas e uma cauda discreta e sem pelos. Os pés traseiros têm três dedos com garras semelhantes a cascos, que são adaptados ao seu estilo de vida terrestre.

A pelagem das cutias é espessa e brilhante, variando em cores que vão do laranja

pálido a tons de marrom escuro, apresentando pelos individuais com faixas alternadas de preto e amarelo, conhecido como o padrão cutia. Suas partes inferiores podem variar de esbranquiçado a lustroso. Esses roedores são conhecidos por sua cautela, tornando-os difíceis de serem avistados ou se aproximados em seus habitats naturais. Eles se deslocam de forma ágil, caminhando, trotando ou galopando em seus dedos, sendo capazes de saltar verticalmente até 2 metros quando ameaçados.

As cutias são animais noturnos que costumam se abrigar em tocas localizadas entre pedras, raízes de árvores, troncos ocos ou emaranhados no chão da floresta. Elas são principalmente herbívoras, com uma dieta composta por frutas, nozes e sementes. Algumas espécies também incluem fungos, flores, folhas e insetos em sua alimentação. Um comportamento interessante é a tendência de enterrar nozes no solo para uso futuro, tornando as cutias importantes dispersoras de sementes de árvores tropicais. Apesar de ocasionalmente terem ninhadas de até quatro filhotes, o número mais comum é de duas crias por ninhada.

4. Dispersão de sementes

A predação de sementes representa um importante fenômeno demográfico que afeta o ciclo de vida das plantas ao longo de todas as fases de reprodução de acordo com Souza (2017). Esse processo desempenha um papel fundamental na dinâmica das populações vegetais, impactando tanto a disponibilidade de sementes quanto o sucesso do desenvolvimento inicial das plantas, devido à elevada taxa de mortalidade nesses estágios iniciais (Janzen 1970). A alta taxa de mortalidade é, em grande parte, resultado do mecanismo conhecido como densidade-dependente (Janzen 1970; Connell 1971; Terborgh 2012) citado por Souza (2017.)

Segundo esse modelo, sementes e plantas que estão próximas de indivíduos da mesma espécie são mais suscetíveis a ataques de inimigos naturais. Isso ocorre devido à concentração de sementes em áreas próximas às plantas adultas da mesma espécie, o que atrai predadores, patógenos, parasitas e herbívoros (Janzen 1970; Connell 1971). Além disso, a competição acirrada por recursos entre indivíduos da mesma espécie também pode aumentar a vulnerabilidade das sementes (Jansen et al. 2014). Assim, a dispersão de sementes, que permite que elas escapem das áreas imediatamente próximas às plantas parentais, emerge como uma estratégia crucial para aumentar suas chances de sobrevivência (Janzen 1970; Connell 1971; Howe e Swallowood 1982; Peres et al. 1997).

Portanto, organismos que permanecem fixos no solo, como as plantas, dependem de agentes dispersores para transportar suas sementes a distâncias maiores, afastando-as dos riscos associados à predação e competição presentes nas proximidades das plantas-mãe

(Janzen 1970). Nesse cenário hostil, temos um mamífero dispersor de sementes extremamente eficaz: a *Dasyprocta punctata* (Souza, 2017).

4.1. A *Dasyprocta punctata* na dispersão das sementes da *Bertholletia excelsa*

A cutia (*Dasyprocta punctata*), um pequeno roedor encontrado em florestas tropicais da América do Sul, desempenha um papel crucial na dispersão das sementes da *Bertholletia excelsa*, conhecida como castanha-do-pará. O processo pelo qual a cutia abre e esconde as sementes da castanheira é uma maravilha da coevolução entre plantas e animais.

A interação entre as cutias e as sementes da castanheira é um exemplo de mutualismo, onde ambas as partes se beneficiam. As sementes da castanheira têm uma casca dura que precisa ser rompida para a germinação. As cutias possuem dentes afiados e poderosos que são particularmente bem adaptados para abrir essa casca dura. Quando uma cutia se alimenta das castanhas, utiliza seus dentes para quebrar a casca e acessar o interior, que é rico em nutrientes. Enquanto faz isso, algumas sementes podem escapar desse processo de escarificação e permanecer intactas, o que é essencial para o sucesso da árvore.

Além de abrir as sementes, as cutias têm um comportamento característico de "esconder" as sementes para consumo posterior. Essa ação desempenha um papel crucial na dispersão das sementes. As cutias enterram ou escondem as sementes em locais estratégicos, como buracos no solo ou sob folhas e galhos, e muitas vezes esquecem sua localização. Isso resulta em um processo de plantio natural, onde as sementes, agora protegidas e enterradas, têm uma chance maior de germinação e crescimento, já que estão a salvo de predadores e têm um ambiente favorável para o desenvolvimento.

O comportamento de esconder as sementes da *Bertholletia excelsa* faz das cutias dispersoras altamente eficazes, contribuindo para a sobrevivência e a expansão da castanheira. Além disso, ele beneficia a biodiversidade das florestas tropicais, uma vez que outras plantas e animais podem aproveitar a proteção proporcionada pelos locais de armazenamento das cutias.

Esse processo exemplifica a incrível adaptação e interdependência entre espécies na natureza. A relação simbiótica entre as cutias e as castanheiras é um dos muitos exemplos de como a vida selvagem desempenha um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na regeneração de ecossistemas naturais. Portanto, a preservação das cutias e seu papel na dispersão de sementes é essencial para a conservação das florestas tropicais e sua incrível diversidade biológica.

5. O comedouro e seus benefícios

A ideia de criar comedouros com sementes da *Bertholletia excelsa* e outras espécies estrategicamente fixados na floresta Amazônica é uma estratégia que pode ter impactos

significativos na manutenção da floresta e, especificamente, na *Bertholletia excelsa*. O sucesso de reprodução da castanheira, também conhecida como castanha-do-pará, está intrinsecamente ligado à dispersão de suas sementes, e as cutias desempenham um papel central nesse processo. A criação desses comedouros pode apoiar as cutias em seu papel de dispersoras de sementes e, por conseguinte, contribuir para a sustentabilidade da floresta.

Ao fornecer um suplemento alimentar consistente para as cutias por meio dos comedouros de sementes, pode-se ajudar a garantir que esses pequenos roedores tenham acesso a uma fonte confiável de alimentos durante todo o ano. Isso é particularmente importante em períodos de escassez de alimentos naturais devido ao desmatamento e à fragmentação do habitat. Como as cutias são altamente eficientes na dispersão de sementes da castanheira, mantê-las bem nutridas e saudáveis é fundamental para garantir que continuem a desempenhar esse papel vital na regeneração da floresta.

Fixando os comedouros em locais estratégicos da floresta, é possível direcionar o comportamento das cutias e incentivá-las a esconder as sementes em locais específicos. Isso pode aumentar a probabilidade de que as sementes da *Bertholletia excelsa* sejam enterradas em condições ideais para germinação e crescimento, imitando o processo natural que ocorreria caso as cutias estivessem se alimentando das castanhas na floresta. Essa abordagem pode ser fundamental para a manutenção e a expansão das populações de castanheira, contribuindo para a resiliência da espécie.

Além disso, os comedouros podem ser uma ferramenta valiosa para a promoção da conscientização pública sobre a importância da preservação das florestas e da biodiversidade. Ao envolver as comunidades locais e o público em geral na manutenção dos comedouros, é possível destacar o papel crítico das cutias e da *Bertholletia excelsa* na ecologia da Amazônia. Isso pode inspirar uma conexão mais profunda entre as pessoas e o meio ambiente e fortalecer o compromisso com a conservação da floresta.

5.1 Construindo o comedouro

Na implementação da parte prática deste artigo, explora-se a integração de tecnologias avançadas em um comedouro ecológico. Nossa abordagem se baseia na utilização do sistema Arduino, combinado com sensores de umidade, temperatura e peso. Essas tecnologias são fundamentais para aprimorar a eficiência e a funcionalidade do comedouro, apresentando soluções práticas para sua utilização e manutenção.

5.1.1 O que é arduino?

O Arduino é uma plataforma de código aberto amplamente adotada na prototipagem de projetos eletrônicos. De acordo com a própria definição da organização

Arduino, é “uma plataforma eletrônica de código aberto com hardware e software fáceis de usar.” Suas placas são capazes de “ler entradas - luz em um sensor ou um dedo em um botão - e transformá-las em saídas - ativando um motor ou acendendo um LED”. Essa versatilidade torna o Arduino uma ferramenta valiosa para entusiastas e engenheiros, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento de uma ampla gama de projetos eletrônicos.

O Arduino pode ser descrito como uma ferramenta para fazer máquinas interativas que podem medir e controlar o mundo físico. Essa definição enfatiza a capacidade do Arduino de interagir com o ambiente e controlar dispositivos do mundo real, tornando-o uma escolha popular para projetos que envolvem automação, robótica, monitoramento e muito mais. Com sua abordagem de código aberto e uma comunidade de desenvolvedores ativa, o Arduino democratiza o acesso à eletrônica e à programação, tornando mais fácil para pessoas de todos os níveis de habilidade criarem e inovarem em projetos eletrônicos.

5.1.2 Acoplando sensores de temperatura e umidade (DHT11)

O sensor DHT11 desempenha um papel essencial ao permitir que o usuário monitore a temperatura e a umidade dentro do recipiente de armazenagem das sementes de forma precisa e conveniente. Ao ser integrado a um sistema automatizado, como o Arduino, o sensor DHT11 fornece leituras em tempo real que podem ser facilmente acessadas pelo usuário. Isso é particularmente valioso no contexto de armazenagem das sementes da *Bertholletia excelsa*, onde manter condições ideais de temperatura e umidade é crítico para a preservação da qualidade das sementes a longo prazo.

Com o DHT11, os usuários podem registrar as variações de temperatura e umidade, podendo dessa forma, ver se aconteceram alterações muito bruscas que poderiam prejudicar a qualidade e/ou capacidade de germinação das sementes. Portanto, o sensor DHT11 desempenha um papel crucial na garantia da qualidade das sementes e na otimização de seu ambiente de armazenagem.

5.1.3 Sensor de peso

A utilização de um sensor de peso em conjunto com o Arduino é uma abordagem eficaz para monitorar o consumo de sementes pelos animais. Esse sistema permite que se saiba onde os animais estão comendo o suficiente ou pouco com base na diferença entre o peso inicial das sementes no comedouro e o peso atual das sementes restantes, funcionando da seguinte maneira: **Definição do Peso Inicial:** Antes de iniciar a alimentação dos animais, uma quantidade conhecida de sementes é colocada no comedouro. O sensor de peso conectado ao Arduino registra o peso inicial das sementes. Em seguida,

Acompanhamento do Consumo: à medida que os animais se alimentam, o sensor de peso continuamente monitora o peso das sementes no comedouro. O Arduino calcula a diferença entre o peso inicial e o peso atual das sementes. Essa diferença representa a quantidade de alimentos consumida pelos animais, permitindo assim definir a quantidade ideal de sementes que devem ser repostas, para minimizar as perdas.

5.1.4 O *Whisper Node*

O *Whisper Node* é uma alternativa viável ao Arduino convencional, notadamente devido ao seu baixo consumo de energia, que torna possível uma longa duração da bateria em projetos de *IoT* e dispositivos de sensoriamento remoto. Enquanto o Arduino padrão é uma plataforma robusta para o desenvolvimento de projetos eletrônicos, ele não foi inicialmente projetado com o baixo consumo de energia como foco central. O *Whisper Node*, por outro lado, é especificamente concebido para otimizar a eficiência energética, tornando-o ideal para aplicações que dependem de baterias com vida útil prolongada.

O baixo consumo de energia do *Whisper Node* é alcançado através do uso de microcontroladores de baixa potência e recursos de gerenciamento de energia. Além disso, ele oferece opções de conectividade sem fio de baixo consumo, como *LoRa*, o que é particularmente útil para comunicações de longo alcance e baixo consumo de energia em projetos *IoT*. Isso permite que os dispositivos baseados em *Whisper Node* funcionem durante meses ou até anos com uma única bateria, tornando-os adequados para monitoramento ambiental, rastreamento de ativos, sensores agrícolas e acompanhamento de novas plantas que foram semeadas pela cutia.

6. Conclusão

Em conclusão, a castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*) é uma riqueza da Amazônia que desempenha um papel multifacetado de importância imensurável. Além de seu valor histórico na sustentação econômica de regiões como o Pará e o Amazonas, essa semente contribui para a conservação da biodiversidade, promove o desenvolvimento sustentável e fortalece economias locais. Seu cultivo e comércio representam uma fonte vital de renda para as comunidades regionais, ajudando a manter práticas sustentáveis e incentivando a conservação ambiental.

Por outro lado, a cutia (*Dasyprocta punctata*) é um componente essencial dos ecossistemas amazônicos, desempenhando um papel fundamental na dispersão de sementes. Seu comportamento de enterrar sementes em diferentes locais contribui para a manutenção da biodiversidade na região. No entanto, o desmatamento ameaça a oferta de alimentos para a cutia e sua capacidade de cumprir esse importante papel na regeneração das florestas.

Nesse contexto, a instalação estratégica de comedouros com sementes, como a castanha-do-Pará e outras que fazem parte da dieta de animais dispersores, emerge como uma solução viável para mitigar os desafios enfrentados pela fauna. Essa abordagem não apenas ajuda a compensar a diminuição da oferta de alimentos naturais, mas também fortalece a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade das florestas amazônicas. No entanto, é fundamental que esses esforços sejam acompanhados de monitoramento contínuo e de uma conscientização pública crescente sobre a importância da preservação das florestas e do papel dos animais na manutenção dos ecossistemas. Ao fazê-lo, podemos enfrentar os desafios do desmatamento e garantir um futuro mais promissor para a fauna e a flora da região.

Por fim, a criação de comedouros com sementes da castanheira e outras espécies em locais estratégicos da floresta Amazônica pode ser vista como uma abordagem inovadora e pró-ativa para enfrentar os desafios ambientais. Isso demonstra como a ciência e a criatividade podem ser aplicadas para proteger ecossistemas valiosos e promover a conservação das espécies. Em última análise, essa iniciativa não beneficia apenas a cutia e a *Bertholletia excelsa*, mas contribui para a sustentabilidade da floresta e, assim, para a proteção de toda a biodiversidade que depende dela.

REFERÊNCIAS

- ONÇAFARI. *Cutia* *Dasyprocta azarae*. 2023. Disponível em: https://oncafari.org/especie_fauna/cutia. Acesso em 20 out. 2023.
- GLOBO. **Cutia estoca alimentos e é um roedor eficiente na dispersão de sementes**. 2016. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/terra-da-gente/fauna/noticia/2016/06/cutia-estoca-alimentos-e-e-um-roedor-eficiente-na-dispersao-de-sementes.html>. Acesso em 21 out. 2023.
- IDEIA SUSTENTÁVEL. Dossiê biomimética: ciência inspirada na natureza para criar soluções sustentáveis e regeneradoras. 2023. Disponível em: <https://ideiasustentavel.com.br/lideranca-com-valores>
- INSTITUTO DIGITAL. DHT11. Disponível em: <https://www.institutodigital.com.br/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>. Acesso em 21 out. 2023.
- JANSEN, P. A., M. D. VISSER, WRIGHT, J. G. RUTTEN, AND H. C. MULLERLAUNDAU. Negative density dependence of seed dispersal and seedling recruitment in a Neotropical palm. **Ecology Letters**, v.17, p. 1111–1120. 2014.
- OPENHOME AUTOMATION. **Introduction to the whisper node**. Disponível em: <https://www.openhomeautomation.net/whisper-node-review>. Acesso em 20 out. 2023.
- PERES, C. A., L. C. SCHIESARI, AND C. L. DIAS-LEME. Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**.13:69-79. 1997.
- PORTAL SÃO FRANCISCO. *Cutia*. Portal São Francisco, 2023.

Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/animais/cutia>. Acesso em 20 out. 2023.

SOUZA, Fernanda Cristina. Predação e dispersão de sementes de cutieiras (*Joannesia princeps*) por cutias (*Dasyprocta azarae*) na mata Atlântica. Março, 2017.

UFC. Efeito Lópus. Curiosidades da física. Disponível em: <https://seara.ufc.br/wp-content/uploads/2019/03/folclore393.pdf>.

WWF. **Castanha-do-pará** 2023. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/naturezabrasileira/especiais/biodiversidade/especie-mes/fevereiro-castanheira-do-brasil>. Acesso em 24 out. 2023.

WHISPER - TINKERMAN. Disponível em: <https://tinkerman.cat/post/whisper-node>. Acesso em 21 out. 2023.