

SÍNTESE DE BIOPOLÍMEROS: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL PARA MITIGAR A POLUIÇÃO PLÁSTICA AMBIENTAL

Gilvânia Medeiros Sampaio
Raulzito Fernandes Moreira
Rafael Pereira

RESUMO

O projeto Síntese de biopolímeros: uma alternativa viável para a mitigar a poluição plástica ambiental, foi desenvolvido com o objetivo de mostrar uma alternativa para a produção de um bioplástico usando recursos da flora local e promovendo a sustentabilidade socioambiental. O diferencial deste biopolímero é que sua produção se dá a partir dos resíduos de uma fruta da região, a “jaca”, (*Artocarpus heterophyllus*). Inicialmente a investigação e produção acontecem com os resíduos da fruta, a parte não comestível da jaca e posteriormente com as bagas, a parte comestível. O biopolímero foi sintetizado como uma amostra para inspirar os estudantes a produzirem outras ideias e apresentar em evento científico na escola (MIC). Os resultados desta produção se mostraram promissores para os dois tipos de biopolímeros sintetizados, o primeiro, dos resíduos, mais consistente e por sua cor pode ser direcionado para uma embalagem para alimentos sensíveis à luz, já que eles têm uma tonalidade de vermelho e amarelo maior, sugerindo uma barreira para que o alimento não sofra alterações em decorrência da luz. E o segundo, das bagas ou polpa, apesar de ser menos luminoso, pode ser utilizado como um revestimento de alimentos compatíveis com essa cor, por ser mais delicado e aderente a pele. Portanto, alinhado aos 17 ODS, Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, a ideia é reaproveitar as frutas desperdiçadas para transformá-las em biopolímeros através de um processo simples, com baixos custos promovendo a sustentabilidade, a conservação do planeta, a diminuição de poluentes ambientais e a melhora das condições climáticas globais.

Palavras-chave: sustentabilidade. bioplástico. poluição.

INTRODUÇÃO

O plástico é um dos materiais que mais tem poluído o meio ambiente nos últimos tempos. O consumismo exagerado junto a falta de esclarecimento e de conscientização da humanidade tem trazido consequências drásticas para todo o planeta. Além disso, pesquisas recentes mostram que a presença de micropartículas de plástico no sangue humano traz uma ameaça à sua saúde. A poluição causada por plásticos é considerada um grave impacto ambiental na atualidade, afetando tanto ambientes terrestres quanto os aquáticos com seus resíduos descartados nas ruas e praias, que se acumulam nos rios e nos mares, formando imensas ilhas de plástico.

De acordo com a ONU, em torno de 1 milhão de garrafas de plástico são compradas a

cada minuto e todos os anos são usadas até 500 bilhões de sacolas plásticas descartáveis no mundo, o que colabora para a formação dessas ilhas de plástico e tem trazido graves consequências para a manutenção da qualidade de vida do planeta. São dados preocupantes considerando que para a decomposição desses materiais são necessários pelo menos 450 anos na natureza. Neste sentido, buscar uma vida com práticas saudáveis e desenvolver atitudes de preservação para o meio ambiente deve ser uma preocupação de toda a humanidade.

Considerando esse cenário, cuja problemática de poluição ambiental causada pelo plástico sintético está presente no mundo inteiro, o projeto “Síntese de biopolímero: uma alternativa viável para a mitigação da poluição plástica ambiental”, foi desenvolvido para mostrar uma alternativa para a produção de um bioplástico, promovendo desta forma a sustentabilidade socioambiental, a diminuição da poluição plástica no cotidiano e contribuindo para a preservação do planeta. Com este propósito a pesquisa desenvolvida buscou na flora local alternativas para minimizar a problemática global de poluição plástica e para isso o projeto partiu do princípio da existência e diversidade da fruta jaca na região da Ibiapaba a fim de concretizar a produção de um material biodegradável.

A jaca (*Artocarpus heterophyllus*) é uma fruta que tem um amplo consumo em diversos países do mundo e aqui no Brasil, especialmente na região Nordeste, sendo mais comum na região litorânea, que se estende do sul da Bahia até a Paraíba (Dórea et al., 2013). Das partes geralmente descartadas, destacam-se as sementes e os resíduos internos que ficam junto as bagas. As sementes da jaca contêm alta quantidade de amido e por este motivo se tornam um material importante para a produção de biopolímeros, sendo, portanto, objeto de estudo por diversos autores, (Madruga et al., 2014; Dutta et al., 2011; Nayak e PAL, 2013; Santos et al., 2013).

Embora diversos estudos e pesquisas tenham sido apresentados sobre a composição deste fruto e suas partes, os resultados mostram que a diversidade é um ponto presente entre as espécies encontradas em um mesmo país, por exemplo. Neste sentido, são necessários estudos específicos sobre as espécies de jaca dura e mole presentes na região Ibiapabana, principalmente a respeito da composição de seus resíduos descartados bem como de suas bagas utilizadas nesta pesquisa para a produção de plásticos naturais. A pesquisa caminha junto a sociedade na crescente preocupação pública sobre o risco ambiental causado pelo plástico tem estimulado e conduzido vários países para o gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo a redução de resíduos plásticos pelo desenvolvimento de material plástico biodegradável. (Kalia, V. C.; Raizada, N.; SonakyA, V., 2000).

Os biopolímeros são plásticos biodegradáveis e importantes tendências quando o

assunto é o desenvolvimento de alternativas para diminuição dos plásticos sintéticos no meio ambiente. Dentre tantas alternativas apresentadas nos últimos anos, a literatura mostra o amido da jaca presente nas suas sementes como opção para este tipo de produção, o que torna a jaca uma fruta com potencial econômico e socioambiental relevante. No entanto, vale ressaltar que este estudo objetiva principalmente, mostrar uma alternativa para a produção de um biopolímero a partir da fruta jaca, especificamente de suas partes comestíveis (as bagas) e das partes não comestíveis (resíduos internos), o que torna esta pesquisa interessante, necessária e inédita para a região da Ibiapaba, com relevantes contribuições ambientais para o planeta.

O desenvolvimento de pesquisas em sala de aula mostra a importância da Ciência para a construção de conhecimento, efetivando que a educação é um caminho transformador e idealizador de conhecimentos ao longo do tempo. Freire (1996, p. 33), diz que um dos objetivos da educação é fazer o sujeito “assumir-se como ser social e histórico, como ser pensante, comunicante, transformador, criador, realizador de sonhos”.

Assim sendo, o objetivo principal desta pesquisa é mostrar uma alternativa para a produção de um bioplástico usando recursos da flora local, promovendo a sustentabilidade socioambiental, possibilitando a diminuição da poluição plástica e contribuindo para o equilíbrio das mudanças climáticas do planeta. Convém ressaltar que pesquisas como esta, desenvolvidas na sala de aula, tem um potencial transformador da educação, colocando a disposição dos indivíduos envolvidos componentes que possibilitam sua autossuficiência, promovendo um processo agregador, onde a aprendizagem só se torna possível através da interação com a existência e insistência de buscar o conhecimento.

REFERENCIAL TEÓRICO

CAPÍTULO 1 – Plástico: uso e consequências para o meio ambiente

A comunidade científica vem ao longo dos últimos tempos buscando formas de minimizar toda a poluição causada pelo homem ao meio ambiente, principalmente a poluição causada pelo plástico. Mas, o que é o plástico? De acordo com o dicionário de polímeros (Andrade et al., 2001), plástico é o “termo geral dado a materiais macromoleculares que podem ser moldados por ação de calor e/ou pressão”. De fato, o plástico tem sido amplamente utilizado na sociedade devido à sua praticidade e versatilidade. Sua durabilidade é uma das características mais valorizadas, pois permite que os produtos sejam protegidos durante o

transporte e armazenamento. No entanto, essa mesma durabilidade se tornou um dos principais problemas ambientais associados ao plástico, uma vez que sua utilização excessiva de plásticos descartáveis, como sacolas plásticas, embalagens de alimentos e utensílios descartáveis, tem causado um impacto significativo no meio ambiente. Esses plásticos são frequentemente descartados de forma inadequada e acabam se acumulando em aterros sanitários, cursos d'água e oceanos, resultando ao longo dos anos em micro partículas denominadas microplásticos.

Os microplásticos são partículas de plástico com menos de 5 milímetros de diâmetro que se acumulam nos oceanos como resultado da fragmentação de plásticos maiores ou da liberação direta de produtos contendo microplásticos, como esfoliantes em cosméticos. A ingestão desses microplásticos por organismos marinhos é de fato um grande problema ambiental.

No caso dos microplásticos, o maior problema está na ingestão pelos organismos marinhos. Como ainda há poucos estudos sobre esse tema, fala-se em “efeitos potenciais”, que podem ir do nível celular até ecossistemas inteiros. Alguns estudos encontraram evidências de que a ingestão de microplásticos pode afetar a caça e a captura de presas, pois o material pode ser confundido com alimento, ocupar espaço no sistema digestivo do animal e levar à diminuição de sinais de fome. Dessa maneira, o animal pode ter queda de energia, ter o crescimento inibido e sofrer impactos na fertilidade, além da possibilidade de morte. (Equipe ecycle. Tempo de decomposição do plástico/<https://www.ecycle.com.br/>. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/tempo-de-decomposicao-do-plastico/> Acesso em: 30/05/2024).

Embora haja uma crescente conscientização sobre os efeitos dos microplásticos nos organismos marinhos, ainda há muito a ser estudado para se compreender completamente a extensão desses efeitos e suas consequências em termos de impactos em nível celular, nas populações e nos ecossistemas como um todo, pois esses minúsculos fragmentos de plástico com menos de 5 milímetros têm se tornado um assunto de crescente preocupação ambiental e de saúde para a população mundial. É isso que nos mostram as recentes pesquisas e consequências a respeito da presença dos microplásticos nos ecossistemas, onde pesquisadores apontam a presença dessas partículas pela primeira vez no leite materno e destacam grande preocupação com o impacto negativo que essas substâncias podem ter para a saúde de bebês, embora reforcem que a amamentação continua sendo a melhor forma de alimentar os bebês. A pesquisa foi realizada por uma equipe da Universidade Politécnica de Marche, em Ancona, Itália em artigo publicado na revista científica *Polymers*, no dia 30 de junho de 2022. Outra

descoberta possivelmente inédita foi realizada por cientistas na Universidade de Holanda sobre achados dessas mesmas partículas em sangue humano publicada na revista “*Environmental International*”. Corroborando com as ideias das pesquisas citadas, Richard Thompson, um dos pioneiros no estudo de microplásticos e suas pesquisas têm sido fundamentais para entender a extensão e os impactos da poluição por microplásticos, cita que: “*Os microplásticos são uma ameaça crescente para a vida marinha e a saúde humana, pois são persistentes no ambiente e têm a capacidade de se acumular em organismos vivos.*” – Richard Thompson, em “Microplastic Pollution” (2015)¹.

Pesquisas nesta área são fundamentais para avaliar melhor os efeitos dos microplásticos nos diversos organismos onde estão sendo encontrados, além de possibilitar o desenvolvimento de estratégias de mitigação eficazes para reduzir a poluição por plástico no meio ambiente. A exemplo dessas pesquisas, ressaltar as discussões da Organização das Nações Unidas (ONU) que tem abordado e promovido com frequência nas redes sociais relevantes discussões sobre a questão dos microplásticos em diversos relatórios de pesquisa e documentos referindo-se a poluição por microplásticos como um problema ambiental emergente e crescente. Esses pequenos fragmentos de plástico, que resultam da degradação de plásticos maiores e da liberação direta de microesferas em produtos de consumo, têm impactos prejudiciais significativos sobre a vida marinha e a saúde humana.

Acelerar a transição para energias renováveis, eliminar subsídios e adotar abordagens circulares ajudará a reduzir os resíduos plásticos na escala necessária, de acordo com o relatório Da Poluição à Solução: Uma Análise Global sobre Lixo Marinho e Poluição Plástica (*From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*)². Relatos como este refletem a preocupação da ONU com a crescente poluição por microplásticos e os desafios associados à sua remoção e impacto ambiental.

¹Thompson é conhecido por ter sido um dos primeiros a trazer à tona o problema da poluição por microplásticos, e seu artigo de 2015 sintetiza e amplia suas descobertas anteriores sobre o tema. O artigo “Microplastic Pollution” (2015) de Richard C. Thompson, publicado na revista *Science*, explora a crescente ameaça dos microplásticos no meio ambiente, especialmente nos oceanos. Thompson, um dos principais pesquisadores no campo da poluição plástica, destaca a disseminação, as fontes e os impactos dos microplásticos nos ecossistemas marinhos. Thompson, R. C. (2015). Microplastic Pollution. *Science*, 347(6223), 768-771.

²O relatório “**Da Poluição à Solução: Uma Análise Global sobre Lixo Marinho e Poluição Plástica**” (*From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*), publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 2021, oferece uma visão abrangente sobre o impacto global da poluição por plástico e resíduos marinhos. O documento destaca o estado atual da poluição plástica nos oceanos e propõe soluções sustentáveis para mitigar esse problema ambiental.

CAPITULO 2 - Uma alternativa para substituir os plásticos sintéticos

Os estudos mais recentes da ONU/PNUMA destacam que a poluição plástica nos ecossistemas aquáticos cresceu consideravelmente nos últimos anos e deve dobrar até 2030, com consequências terríveis para a saúde, a economia, a biodiversidade e o clima. Neste sentido é necessária uma mudança para abordagens circulares, incluindo práticas de consumo e produção sustentáveis, o desenvolvimento e adoção rápida de alternativas pelas empresas, e uma maior conscientização do consumidor para encorajar escolhas mais responsáveis.

Pensando nesta problemática global, a presente pesquisa usa a sustentabilidade local para desenvolver um bioplástico a partir da fruta jaca (*Artocarpus heterophyllus*) como alternativa para minimizar as consequências causadas pela poluição plástica.

De acordo com Adriano Martinez Basso,

a jaqueira, *Artocarpus heterophyllus* Lam, é uma árvore de grande porte, originária da Ásia e cultivada em regiões tropicais. Segundo Souza et al. (2009), no Brasil, ela é encontrada em toda a costa litorânea. Devido à sua incidência em diversas partes do mundo, existem muitas variações do fruto, com composições químicas também diferentes, o que torna necessário o conhecimento da composição química da jaqueira (Adriano Martinez, pág. 10, 2017).

A região Nordeste possui fauna e flora diversas, o que permite a produção de variados tipos frutíferos, além de se destacar como um grande celeiro na produção de espécies de jaca cultivadas. No Ceará, especialmente na região da serra da Ibiapaba a jaca tem um cultivo e propagação bastante acentuado. Inclusive encontramos jaca facilmente em terrenos de fácil acesso por toda a população.

Predominantemente cultivada na região da serrada Ibiapaba a matéria – prima coletada é fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa que procura apresentar mais uma alternativa para a produção de plásticos naturais. Além disso,

no Brasil, ela é cultivada em toda a região Amazônica e em toda a costa tropical brasileira, do Estado do Pará ao Rio de Janeiro. Também pode se desenvolverem regiões de clima semiárido e subtropical, desde que haja a utilização da irrigação artificial, como ocorre no Estado do Ceará. (Souza et al., 2009).

No Brasil, a floração da jaqueira ocorre entre dezembro e abril (Souza et al., 2009) e sua flor possui características bastante peculiares. A planta possui flores masculinas e femininas

que se formam separadamente, sendo classificada na botânica como planta monóica. As flores masculinas aparecem em espigas longas e cilíndricas, geralmente menores e menos vistosas. Já as flores femininas, que darão origem aos frutos (jacas), são globosas e maiores. Essas flores se agrupam em inflorescências e, após a polinização, formam o fruto, que é considerado um dos maiores frutos comestíveis do mundo, de acordo com Goswami e Chacrabati (2016). Seu fruto pode ser oval ou alongado e possui uma casca grossa e espinhosa. A figura 1 mostra flores masculinas e femininas, folhas e frutos jovens da *Artocarpus heterophyllus*.

Figura 01 – À esquerda, flores e folhas jovens. À direita, frutos jovens da jaqueira.



Fonte: Autores, 2024



Fonte: Autores, 2024

Nesse sentido, a pesquisa traz uma importante contribuição que efetiva um ensino de ciências voltado para a formação cidadã, um ensino orientado não apenas para transmitir conhecimentos científicos, mas também para desenvolver habilidades e atitudes que capacitem os estudantes a se tornarem cidadãos críticos, informados e engajados com princípios essenciais na promoção tanto do próprio desenvolvimento quanto no da Ciência. Por conseguinte, promover o ensino da Ciência em contextos que sejam relevantes para a vida cotidiana dos estudantes e para a sociedade, possibilita conectar conceitos científicos a questões sociais, ambientais, econômicas e éticas, ajudando a tornar o aprendizado mais significativo. Desta

forma, contextualizando o ensino, a educação de fato assume seu papel de libertação para a aprendizagem e produção de conhecimentos. Corroborando ao dito anterior, Driver et al. (1999), defendem que:

“aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez mais apropriadamente denominado estudo da natureza – nem de desenvolver e organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos mediante eventos discrepantes. Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento” (Driver et al., 1999, p.36).

Dito isso, a proposta busca aproximar a Ciência escolar da Ciência dos cientistas, que é um dos grandes desafios que os educadores enfrentam no contexto escolar atual na área de Ciências da Natureza. Para promover uma mudança se faz necessário muito estudo e formação acadêmica sólida, a fim de promover a efetivação de práticas de Ciências eficazes, reflexivas e que promovam aos estudantes a verdadeira formação integral embasada na concretização do ensino de ciências por investigação. Neste sentido, para que o ensino por investigação se faça presente é necessário que os professores tenham clareza e sólida formação na condução deste ensino. Isto, para não correr o risco de pensar que se está promovendo algo que não condiz com o que realmente é necessário. Uma triste realidade que nos deixa claro o artigo de Danusa Munford e Maria Emília Caixeta de Castro e Lima - Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? - *Ensino Pesquisa Educação Ciência*. 2007, vol.9, n.1- é a de que, embora não seja uma preocupação recente, mas, reconhecer que há um grande distanciamento entre a ciência ensinada nas escolas e a ciência praticada nas universidades, em laboratórios e outras instituições de pesquisa, se faz necessário.

Para tanto, nesta pesquisa investigativa os estudantes tem a oportunidade de conhecer modelos de produção de biopolímeros, além de saber da existência de diversas pesquisas já existentes, cada uma com sua prática ou técnica apresentada para a criação de ideias que culminam em mitigar a poluição plástica. Esta pesquisa em especial traz a produção de biopolímeros a partir de partes especiais da fruta jaca (*Artocarpus heterophyllus*). Ademais, o estudo propõe uma alternativa para contribuir na despoluição do meio ambiente a partir de um biopolímero com alto poder de decomposição pela ação de organismos naturais. Sabendo que esses biopolímeros desempenham um papel cada vez mais crucial na busca por soluções sustentáveis para os desafios ambientais, uma vez que esses reduzem a dependência de recursos

fósseis, tem menor impacto ambiental pois se decompõe naturalmente, reduz a pegada de carbono e promove a agricultura e o desenvolvimento sustentável.

PERCURSO METODOLÓGICO

A metodologia aplicada é do tipo investigativa amparada aos padrões da ABP, Aprendizagem Baseada em Projetos, onde os estudantes resolvem problemas através da conexão de ideias que pareciam desconectadas, beneficiando o aprendizado interdisciplinar e trazendo esses estudantes para o centro do processo cognitivo. Além da aprendizagem por meio da colaboração entre pares, eles têm a liberdade para imaginar, criar e concretizar suas ideias por meio de experimentos, testes e elaboração de protótipos. Durante o processo, a figura do professor é fundamental para mediar, orientar e apoiar os estudantes, fazendo parte também deste esforço colaborativo.

O cenário investigativo onde se realiza a pesquisa é uma escola de tempo integral, que atua na modalidade ensino fundamental anos finais e tem como orientadora, a professora de Ciências junto aos estudantes da referida escola. A pesquisa teve início no mês de março e será finalizada no mês de junho nas cinco turmas de 9º anos, 9ºA, 9ºB, 9ºC, 9ºD e 9ºE, durante as aulas da parte diversificada do currículo, especificamente nas aulas de Iniciação Científica que acontecem no turno tarde na escola. Nestas aulas os estudantes são incentivados e orientados ao mundo da pesquisa, em passos básicos, porém fundamentados na prática da iniciação científica.

A proposta da investigação científica partiu da identificação e discussões dos principais problemas atuais e globais que afetam a humanidade. Neste sentido, o assunto principal das discussões foi a poluição plástica, onde os estudantes foram instigados e desafiados a buscarem soluções para o problema proposto embasados nos seguintes questionamentos: o que é a poluição plástica, quais suas consequências para os ecossistemas da Terra e como diminuir a poluição plástica em nosso ambiente, de forma que se pratique a sustentabilidade socioambiental local? Para efetivar a metodologia proposta as turmas são divididas em equipes, onde cada uma se organiza e sob orientação da professora pesquisam e elaboram uma alternativa para a problemática em questão que neste caso se trata da poluição plástica. Os resultados desses trabalhos são apresentados no evento MIC, Movimento de Iniciação Científica jr., promovido pela escola para toda a comunidade escolar.

Todo o estudo e orientação da proposta do ensino está estruturado numa sequência de ensino investigativo (SEI) que incorpora os elementos básicos de uma investigação consistente,

são eles: um problema central, uma contextualização, uma exploração guiada, cooperação entre pares, autonomia, métodos de pesquisa, análise crítica, compartilhamento, feedback e reflexão. Ao incorporar esses elementos, uma proposta baseada no ensino investigativo oferece uma experiência de aprendizado envolvente e significativa, que capacita os estudantes a desenvolver habilidades importantes para o pensamento crítico, resolução de problemas e investigação independente. Para a prática investigativa em questão a produção de um biopolímero foi demonstrada para provocar insights nos estudantes e promover nos mesmos novas descobertas.

Para esta síntese, foram utilizados os seguintes materiais: fruta jaca; colher; água destilada, glicerina, vinagre branco, balança, geladeira, liquidificador, bandejas. Os procedimentos para a produção do biopolímero foram: O primeiro passo é realizar a coleta da jaca madura na flora local, *in locus*. O passo seguinte é cortar a jaca, retirar as bagas (parte comestível) e depois os resíduos que seriam descartados. Com o auxílio de uma colher ou espátula retira-se todo o resíduo que fica colado na casca interna da fruta e o separa em um recipiente.

Depois disso, 500gr deste resíduo é levado para um liquidificador, acrescentando ao mesmo 1,5 L de água destilada, batendo bem a mistura até obter um ponto bem homogêneo. O mesmo processo será feito com as bagas da jaca, o objetivo é averiguar se ambos são materiais adequados para produção de biopolímeros. Logo após, o resultado destas misturas (bagas e resíduos) são coadas separadamente e acondicionadas em garrafas limpas, secas e conservadas em refrigerador. Para a realização dos testes iniciais usa-se 110ml de cada mistura, neste caso testando 06 opções de produção do biopolímero realizando os procedimentos a seguir:

- 03 testes da mistura das bagas:

Teste 1:

Biopolímero obtido da seguinte mistura batida no liquidificador:

500gr de baga da jaca

1,5 l de água destilada

Pega-se 110 ml desta mistura

Não vai ao fogo (sem cocção)

Obs: Fazer duas películas de 50 ml cada da mistura e colocar para secagem ao sol (medir antes de espalhar no recipiente)

Teste 2:

Biopolímero obtido da seguinte mistura batida no liquidificador:

500gr de baga da jaca

1,5 l de água destilada

Pega-se 110 ml desta mistura e acrescenta:

2 ml de glicerina

2 ml de vinagre branco

Não vai ao fogo (sem cocção)

Obs: Fazer duas películas de 50 ml cada da mistura e colocar para secagem ao sol (medir antes de espalhar no recipiente).

Teste 3:

Biopolímero obtido da seguinte mistura batida no liquidificador:

500gr de baga da jaca

1,5 l de água destilada

Pega-se 110 ml desta mistura e acrescenta:

2 ml de glicerina pura (medido na seringa)

2 ml de vinagre branco (medido na seringa)

Levar ao fogo por 5 min mexendo (com cocção)

Obs: Fazer duas películas de 50 ml cada da mistura e colocar para secagem ao sol (medir antes de espalhar no recipiente).

- 03 testes da mistura dos resíduos:

Teste 4:

Biopolímero obtido da seguinte mistura coada:

500gr de resíduo da jaca

1,5 L de água destilada

Pega-se 110 ml desta mistura

Não vai ao fogo (sem cocção)

Obs: Fazer duas películas de 50 ml cada da mistura e colocar para secagem ao sol (medir antes de espalhar no recipiente).

Teste 5:

Biopolímero obtido da seguinte mistura coada:

500gr de resíduo da jaca

1,5 L de água destilada

Pega-se 110 ml desta mistura e acrescenta:

2 ml de glicerina

2 ml de vinagre branco

Não vai ao fogo (sem cocção)

Obs: Fazer duas películas de 50 ml cada da mistura e colocar para secagem ao sol (medir antes de espalhar no recipiente).

Teste 6:

Biopolímero obtido da seguinte mistura coada:

500gr de resíduo da jaca

1,5 L de água destilada

Pega-se 110 ml desta mistura e acrescenta:

2 ml de glicerina

2 ml de vinagre branco

Levar ao fogo por 5min mexendo (com cocção).

Obs: Fazer duas películas de 50 ml cada da mistura e colocar para secagem ao sol (medir antes de espalhar no recipiente).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DIAGNÓSTICO INICIAL

Bioplásticos produzidos a partir de fontes renováveis de biomassa, como plantas, amido, óleos vegetais ou frutas e resíduos orgânicos, como é o caso desde em especial, não utilizam derivados de combustíveis fósseis, o que confere grande vantagem frente aos plásticos convencionais. Os biopolímeros biodegradáveis tem ganhado destaque como uma alternativa sustentável aos plásticos convencionais, especialmente diante da crescente preocupação com a poluição plástica.

Os resultados iniciais realizados na escola e em casa pelos pesquisadores envolvidos são muito promissores. Esses resultados incluem principalmente a produção dos bioplásticos

biodegradáveis a partir das misturas realizadas com a biomassa da fruta jaca (polpa e resíduo), obtendo um plástico natural bruto. Neste contexto de produção é importante ressaltar que a produção da fruta jaca no período de safra na região da Ibiapaba tem grande desperdício, um ponto que destaca a importância do presente projeto, pois vem ao encontro do reaproveitamento desses frutos, evitando o desperdício e reciclando a matéria orgânica por meio da síntese de um biopolímero. Trata-se de um reaproveitamento e solução socioambiental relevante para o planeta, uma vez que os plásticos naturais sofrem decomposição de forma bem mais rápida, evitando o acúmulo no meio e consequentemente sua poluição. Foi o que mostraram os testes iniciais realizados para observar o tempo de decomposição deste plástico natural produzido.

O período de análise foi de 3 a 4 meses e durante este curto tempo, observamos que o biopolímero voltou completamente ao ciclo natural. Um resultado importante quando o comparamos com o tempo de decomposição de outros plásticos existentes. Outro ponto importante desta pesquisa foi que o material preparado dos resíduos da jaca fora guardado na geladeira por mais de 6 meses e sua biomassa congelada, podendo aguardar até o próximo período de safra sem prejudicar sua produção inicial o que se mostrou muito positivo e eficaz para na idealização deste projeto. Além disso, fora observado também a presença da fermentação no material acondicionado, mas, que não trouxe problemas na produção, mais um ponto considerável e relevante para esta pesquisa. Tudo isto nos leva a encaminhar este projeto promissor a diante, sintetizando estes biopolímeros e realizando análises mais detalhadas do produto final, a fim de saber suas características físicas, bem como suas possíveis aplicações no dia a dia.

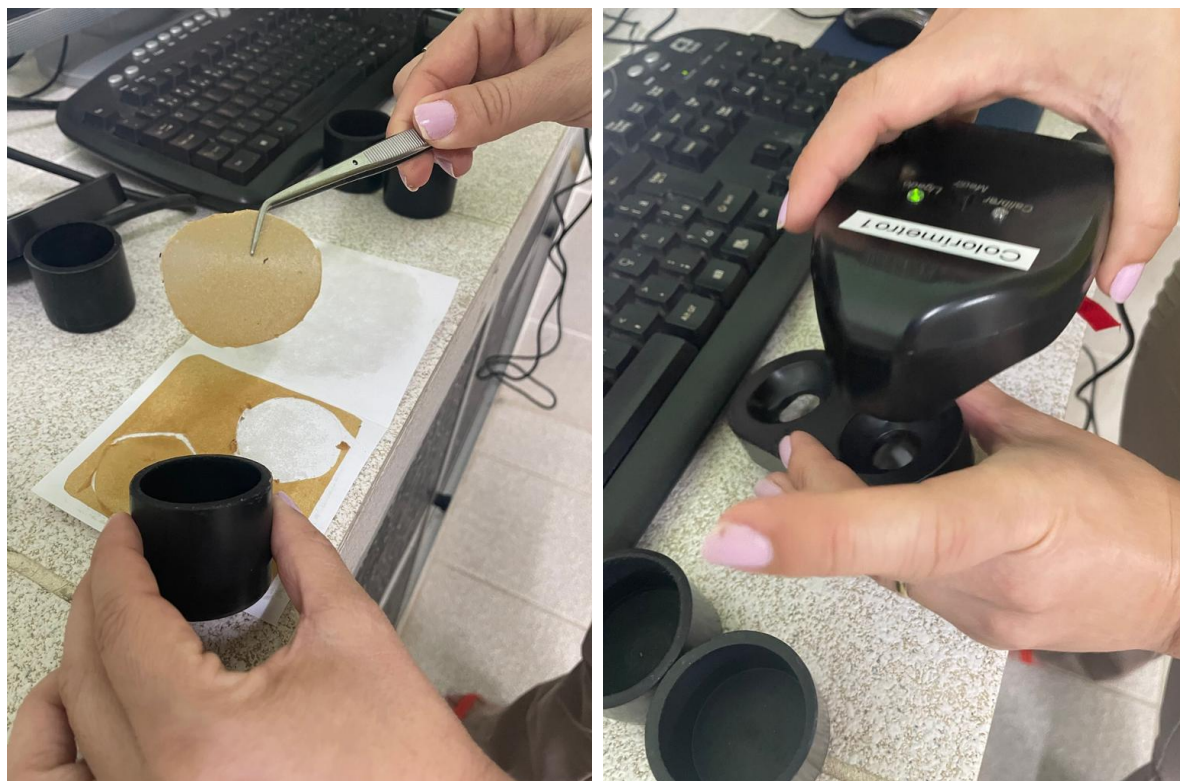
ORGANIZANDO OS CONHECIMENTOS E RESULTADOS

Numa segunda remessa de produção do biopolímeros sintetizados a partir da biomassa da fruta jaca (*Artocarpus heterophyllus*), com suas bagas e seus resíduos, o passo seguinte foi levar para análise do material. As amostras dos biopolímeros analisadas foram as seguintes: Amostra A (polpa e cocção); Amostra B (polpa sem cocção); Amostra C (Resíduo e cocção); Amostra D (Resíduo, sem cocção e coado); Amostra E (Resíduo, sem cocção e não coado).

Para a caracterização das amostras a metodologia foi realizada através das análises abaixo:

Avaliação de Cor das amostras através do sistema Cie L^* , a^* , b^* : A cor da superfície das amostras serão medidas no sistema Cie L^* , a^* , b^* obtidos pelo colorímetro portátil (Colorium, Delta color, Brasil) previamente calibrado, mostrado na figura 02 a seguir:

Figura 02 - Avaliação da cor dos biopolímeros com o colorímetro.



Fonte: Elaborado por Autores, 2024.

No sistema de cores utilizadas nesta análise o L^* representa a luminosidade ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco) e a^* e b^* são as coordenadas de cores responsáveis pela cromaticidade: ($+a^*$ é o vermelho e $-a^*$ é o verde, $+b^*$ é o amarelo e $-b^*$ é o azul).

Resultados:

Avaliação de Cor das amostras através do sistema Cie L^ , a^* , b^* :*

As análises de cor podem transmitir diferentes parâmetros, que são importantes para definir a aplicabilidade do biopolímero. Na tabela 1 tem-se os seguintes resultados das características de cor das amostras.

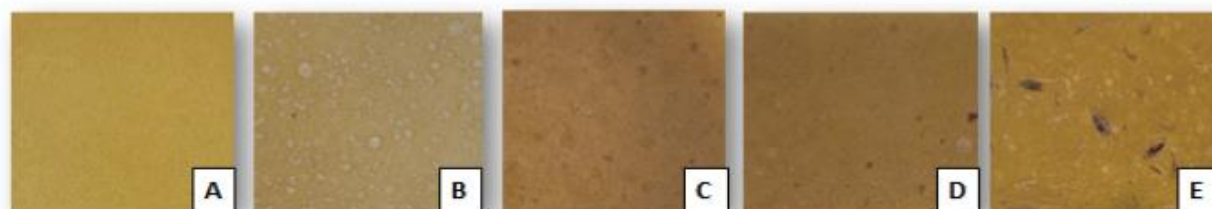
Tabela 01 - Resultados dos parâmetros de cor através do sistema Cie L*a*b*

Amostras	L*	a*	b*
A	32,03±0,01 ^c	-0,27±0,00 ^d	0,32±0,00 ^d
B	53,81±0,00 ^a	81,96±0,01 ^a	33,17±0,12 ^b
C	41,74±0,31 ^b	68,57±0,33 ^c	11,19±0,49 ^c
D	53,64±0,00 ^a	81,50±0,00 ^b	40,30±0,01 ^a
E	53,64±0,00 ^a	81,49±0,00 ^b	40,40±0,00 ^a

*Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas ao nível de 0,5% no teste de Tukey.

As amostras A e C apresentam-se estatisticamente diferentes e com menor luminosidade do que as amostras B, D e E. Em relação ao a*, observa-se que somente a amostra A encontra-se com uma tonalidade levemente avermelhada, quando comparada estatisticamente com as demais, que se encontravam com tons esverdeados. No parâmetro b* percebe-se que todas as amostras se encontravam com tonalidades amareladas, ressaltando a amostra A que é menos amarelada do que as demais. Observa-se também que independente do uso da polpa ou resíduo, o processo de cocção (que foi realizado nas amostras A e C) interferiu significativamente na luminosidade, além de reduzir a tonalidade das cores.

Outro resultado encontrado é que as amostras com resíduo, sem cocção e que passaram pelo processo de filtragem (coado) ou não, apresentaram mais semelhantes entre si, desta maneira, esta etapa a mais dada na elaboração do filme, não interfere nos parâmetros de cor de uma forma geral, mas percebe-se que na figura 03 partículas microscópicas no filme com resíduo não coado (amostra E).

Figura 03- Registro fotográfico dos filmes

Fonte: Elaborado por Autores, 2024.

Conclui-se que através das características de cor dos filmes pode-se presumir que tipo de alimento ele pode ser utilizado. O filme com polpa e coado apesar de ser menos luminoso (brilhoso) pode ser utilizado como um revestimento de alimentos compatíveis com essa cor, já que ao contato com o tato ele parece ser mais aderente a uma matriz alimentar.

Os filmes com resíduos, já se apresentam com características de cor diferenciadas e ao contato com o tato percebe-se uma menor aderência, e por sua cor pode ser direcionado para uma embalagem para alimentos sensíveis à luz, já que eles têm uma tonalidade de vermelho e amarelo maior, sugerindo-se uma barreira para que o alimento não sofra alterações em decorrência da luz.

Com estes resultados iniciais destacamos que a demanda por bioplásticos está crescendo à medida que os consumidores e a indústria buscam alternativas mais ecológicas. Esperamos que inovações tecnológicas e melhorias na eficiência de produção diminuam os custos e aumentem a viabilidade de adoção em larga escala desses biopolímeros biodegradáveis, fazendo com que estes bioplásticos se tornem uma alternativa viável aos plásticos convencionais. Outrossim, esta pesquisa contribui para mitigar a crescente preocupação global em relação à poluição plástica e às mudanças climáticas, onde os bioplásticos estão posicionados como uma parte crucial da solução para um futuro mais sustentável.

AVALIANDO A PROPOSTA

O processo de avaliação realizado tem como base os resultados da proposta aplicada. Nela os estudantes vivenciaram a abordagem de diversos conteúdos especialmente da área de Ciências da natureza, bem como, conteúdos contextualizados no ensino, sendo esses essenciais para uma formação integral que desperta e promove a criticidade cidadã, fundamental e urgente nos dias atuais, como é questão da poluição ambiental e das mudanças climáticas globais.

O projeto contribuiu ainda para preparar os estudantes no enfrentamento de problemas do mundo real com um olhar mais crítico, participativo e cidadão. Nesta proposta investigativa o tempo de aplicação foi bem maior que o planejado, pois foi uma investigação detalhada que contemplou diversos conteúdos e a elaboração de um produto final, por parte dos estudantes. Durante a efetivação da proposta os estudantes refletiram sobre a capacidade de intervenção de cada indivíduo na realidade global e na prática de cada aula a provocação do pensamento global e da ação local. Trabalho este, representado na figura 04 (A, B, C, D, E, F, G, H), nas páginas seguintes, que mostra os produtos e apresentações realizadas pelas equipes de intervenções para mitigar a poluição plástica ambiental. Essas intervenções propostas foram apresentadas no evento científico da instituição chamado de MIC – Movimento de Iniciação Científica - para toda a comunidade escolar.

Figura 04 – (A, B, C, D, E, F, G e H) Produtos e apresentações de equipes no evento de Iniciação Científica jr. da escola (MIC).





Fonte: Autores, 2024

Na metodologia aplicada, do tipo investigativa, foi realizada em etapas destinadas a efetivação dos objetivos propostos onde nela foram incluídos elementos de outras abordagens similares como a ABP - Aprendizagem Baseada em Projetos. O trabalho que abordou bem a pergunta e problemática central, estimulando a curiosidade e a criatividade dos estudantes - como mitigar a poluição plástica ambiental? - Fez uma contextualização bastante instigativa da realidade acerca do problema destacando sua importância e aplicabilidade na vida real. Todo o desenvolvimento da proposta abrange requisitos básicos da ABP, por exemplo, promover a colaboração e autonomia entre os estudantes, incentivando o compartilhamento de ideias, a discussão e o trabalho em equipe. Além disso, buscar e pesquisar, proporcionando uma análise crítica, ajudando desta forma os estudantes a desenvolver habilidades de pensamento crítico, incentivando-os a analisar e interpretar os resultados de suas investigações de forma objetiva e reflexiva. Por fim, a proposta contemplou o compartilhamento dos resultados das pesquisas com a escola e toda a comunidade escolar. Tudo isso contemplando o que uma proposta investigativa propõe para oferecer uma experiência de aprendizado envolvente e significativa, que capacitando os estudantes a desenvolver habilidades importantes para o pensamento crítico, resolução de problemas da vida real.

Para a apresentação dos trabalhos realizados pelas equipes de estudantes os mesmos serão avaliados por meio de autoavaliação em escala numérica Likert sobre os produtos sintetizados e do envolvimento dos estudantes nas apresentações realizadas, com análise das habilidades desenvolvidas. Além desses critérios na apresentação, a postura e profundidade da pesquisa demonstrados na apresentação oral foram encorpados ao processo de avaliação.

Assim, a realização desta pesquisa por meio da metodologia ABP, Aprendizagem Baseada em Projetos, promove a autonomia e a avaliação concomitantemente possibilita que o indivíduo se avalie e possa medir atitudes, percepções e comportamentos por meio de suas propostas desenvolvidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscar soluções para diminuir danos da poluição plástica atual do planeta não tem sido tarefa fácil. Muitos estudiosos, cientistas e pesquisadores trabalham neste feito em busca de alternativas que possam salvar ou amenizar a situação mundial. Durante o desenvolvimento do projeto foi identificado na flora local um material que pode ter potencial bastante promissor para a criação de alternativas que proporcionem a conservação do planeta. A produção de plásticos naturais a partir desta fruta presente na flora local, (*A. heterophyllus*), pode ser uma forte aliada à promoção da sustentabilidade socioambiental, além de concretizar a economia circular local em seu desenvolvimento.

Para tanto, é necessário um aprofundamento da pesquisa na busca de uma produção qualificada de produtos feitos a partir da matéria-prima existente, que por sinal é muito abundante na região. Além disso, se faz necessário analisar a qualidade, resistência, e maleabilidade para as aplicabilidades das produções desejadas, por exemplo. Dando continuidade ao desenvolvimento deste projeto pode-se efetivar a produção de um biofilme livre de microplásticos sintéticos e sem outros poluentes, para uso e proteção de alimento. Para tanto, é necessário a averiguação e testes deste produto em larga escala, mais pesquisas bibliográficas e experimentos-testes para conhecimento aprofundado dos produtos oriundos da fruta que trarão diversas aplicabilidades no dia a dia. Além disso, conhecer mais essas aplicabilidades será importante para a realização de mais testes, suas análises e funcionalidades.

De posse desses resultados, o projeto pode se dar continuidade para o desenvolvimento de produtos e matérias a partir desse biopolímero, visando suas aplicabilidades para diminuir os altos índices de poluição ambiental causados pelo plástico sintético no meio ambiente. Visto que, este tipo de poluição é um flagelo ambiental que exige atenção imediata e ação coletiva, é preciso repensar a relação com esses materiais, reduzir seu uso, reutilizar e reciclar sempre que possível, para preservar o planeta para as presentes e futuras gerações.

Aos resultados apresentados neste trabalho agradeço imensamente a todos que contribuíram, em especial, ao meu orientador, Professor Dr. Rafael Pereira, por sua paciência,

apoio e orientação valiosa ao longo deste projeto. Sua expertise e conselhos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Ao Instituto Federal de Educação e Ciência, campus Sobral, na pessoa da professora Dr. Mirla Dayanny Pinto Farias e seus educandos do laboratório pela valorosa identificação e análise do biopolímero. A CAPS e a todos os professores e funcionários da UNILAB, que me proporcionaram um aprofundamento dos meus conhecimentos e contribuíram de diversas maneiras para minha formação acadêmica e pessoal.

REFERÊNCIAS

- AMASS, W.; AMASS, A.; TIGHE, B. **A review of biodegradable polymers: uses, current developments in the synthesis and characterization of biodegradable polyesters, blends of biodegradable polymers and recent advances in biodegradation studies.** Polymer International, v. 47, p. 89, 1998.
- ANDRADE, C.T.; COUTINHO, F.M.B.; DIAS, M.L.; LUCAS, E.F.; OLIVEIRA, C.M.F. e TABAK, D. **Dicionário de polímeros.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2001. p. 116.
- BAGNO, M. **Pesquisa na Escola: o que é e com se faz.** 26. ed. São Paulo: Loyola, 2014.
- BASSO, A.M.; MOURA, M.F.V. **Jaca: um estudo de sua química e uma resenha de sua história.** Natal: IFRN, 102p. 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Conselho Nacional de educação. **Base Nacional Comum Curricular,** Brasília, DF, 2017.
- CABRAL, RAQUEL; GEHRE, THIAGO; **Guia Agende 2030(livro eletrônico): integrando ODS, educação e sociedade.** 1.edição. São Paulo. 2020.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. de; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Orgs.). **A Necessária Renovação do Ensino de Ciências.** São Paulo: Cortez, 2005.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2019, p. 1-20.
- DÓREA, J. R. R. et al. **Composição bromatológica e dinâmica de fermentação da silagem de jaca.** *Semina: Ciências Agrárias*, 34(4), 1967-1976 (2013).
- DRIVER, R., H. ASOKO, ET AL. (1999). "**Construindo conhecimento científico na sala de aula.** *Revista Química Nova na Escola*, 1(9). 31-40.

DUTTA, H., PAUL, S. K., KALITA, D., e MAHANTA, C. L. **Effect of acid concentration and treatment time on acid–alcohol modified jackfruit seed starch properties.** *Food Chemistry*, 128(2), 284-291(2011).

FREIRE, P. (1996). **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa.** São Paulo: Paz e Terra.

GOSWAMI, C.; CHACRABATI, R. “**Jackfruit (Artocarpus heterophylus)**”. In: PREEDY, V.R.; SIMMONDS, M.S.J. (Org.). **Nutritional Composition of Fruit Cultivars**, E.U.A.: Elsevier, Cap.14, 2016, p.317-335.

<https://www.ecycle.com.br/tempo-de-decomposicao-do-plastico/> / consultado dia 30/05/2024.

<https://abre.ai/kZsx/> - Relatório da ONU sobre poluição plástica/ consultado dia 07/09/2024.

KALIA, V. C.; RAIZADA, N.; SONAKYA, V. Bioplastics. **Journal of Scientific & Industrial Research**, v. 59, p. 433, 2000.

LIMA, E. G.; OKIMOTO, M. L. L. R. **Revisão da Aplicação de Produtos Biopolímeros. Obtidos pela Reciclagem de Plásticos em Design.** Revista Iberoamericana de Polímeros.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: Abordagens Qualitativas.** 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, M. G. **Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos.** In: MORAES, R.; LIMA, V. M. R. **Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos.** 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

MUNFORD D.; CASTRO E LIMA; **ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?** Danusa Munford e Maria Emília Caixeta de Castro e Lima / Rev. Ensaio | Belo Horizonte | v.09 | n.01 | p.89-111 | jan-jun | 2007.

NAYAK, A. K., e PAL, D. **Formulation optimization and evaluation of jackfruit seed starch– alginate mucoadhesive beads of metformin HCl.** *International journal of biological macromolecules*, 59, 264-272. (2013).

MUNFORD, Danusa e LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro e . **Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?** *Ens. Pesqui. Educ. Ciência*. 2007, vol.9, n.1, pp.72-89. ISSN 1983-2117. <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107> .

SANTOS, L. S. et al. **O. Efeito Dos Métodos De Extração na Composição, Rendimento e Propriedades da Pasta do Amido Obtido da Semente de Jaca.** *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.15, n.3, p.255-261, 2013.

SHRIVRAM, D. **International Symposium on Biodegradation Polymers.** Hyderabad, Índia, 2001. **Síntese de bioplásticos feitos com polímeros naturais: uma alternativa para gestão ambiental** *Conhecimento & Diversidade*, Niterói, v. 9, n. 19, p. 59–70, out./dez. 2017.

SILVA, M. L. V. J. **Tecnologia Para Produção De Superfícies Hidrofóbicas Em Filmes De Amido De Milho Termoplástico Por Plasma**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

SIQUEIRA, LUANA VOLKMANN. **Caracterização de filmes biopoliméricos à base de biomassa de banana verde e sua avaliação para produção de cápsulas**. 2022. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.

SOUZA, T.S.; CHAVES, M.A.; BONOMO, R.C.F.; SOARES, R.D.; PINTO, E.G.; COTA, I.R. **“Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos”**, Acta Scientiarum Technology, v.31, n.2, 2009.

SQUIO, C. R.; ARAGAO, G. M. F. de. **Estratégias de cultivo para produção dos plásticos** v. 10, p. 244-259, set. 2009.

THOMPSON, R. C. (2015). **Microplastic Pollution**. *Science*, 347(6223), 768-771.

VIVEIROS, M. **Bagaço vira plástico biodegradável**. Folha de São Paulo, 03/11/2002.