

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO, DA CULTURA, DO ESPORTE E DO
LAZER DO RIO GRANDE DO NORTE
12ª DIRETORIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO E CULTURA
CIÊNCIA PARA TODOS NO SEMIÁRIDO POTIGUAR
CENTRO DE EDUCAÇÃO INTEGRADA PROFESSOR ELISEU VIANA

**A APLICAÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia cochenillifera*)
NA PRODUÇÃO DE COURO VEGETAL**

Área de Pesquisa: Engenharia de materiais
Escola: Centro de Educação Integrada
Professor Eliseu Viana
Orientador: Artemízia Cyntia Bezerra de
Medeiros, Prof.
Autores: Anna Beatriz Pereira Morais; Cledina
Cristina Gomes de Oliveira; Laura Luiza
Dantas Carvalho
Período de desenvolvimento do projeto: 02
meses

MOSSORÓ

2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos este relatório a todos os visionários que lutam por um mundo mais sustentável, especialmente à nossas famílias, que sempre apoiaram nossas escolhas e incentivaram a busca por conhecimento e a valorizar a natureza. Que este trabalho inspire outros a reconhecerem o potencial das soluções sustentáveis e a transformarem ideias em ações concretas em prol do nosso planeta.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste projeto. Um agradecimento especial à nossa professora orientadora, Artemízia, cuja orientação e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua expertise e incentivo nos ajudaram a superar desafios e a aprofundar nossos conhecimentos sobre a fibra da palma forrageira.

Agradecemos também aos colegas de pesquisa e amigos, que compartilharam ideias e experiências, enriquecendo este projeto. À nossas famílias, que sempre estiveram ao nosso lado, oferecendo apoio emocional e motivacional ao longo desta jornada.

Por fim, somos gratos à natureza, que nos oferece recursos tão valiosos e nos inspira a buscar um futuro mais sustentável na indústria da moda. Este trabalho é dedicado a todos que acreditam na importância de práticas éticas e sustentáveis.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é produzir um material alternativo ao couro animal utilizando palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*). Este projeto investiga as propriedades exclusivas dessa matéria-prima e incorpora uma invenção criativa que utiliza materiais acessíveis capazes de fomentar outras inovações e aplicações na indústria têxtil e de moda. A abordagem experimental adotada foi o *Mixture Design*, que estuda formulações onde os componentes de uma mistura são as variáveis de interesse. Foram testados cladódios de palma forrageira *in natura* e dessecados, combinados com diferentes matrizes, incluindo cola à base de amido de mandioca e adesivo gelatinoso transparente. Os testes revelaram que a mistura de cladódios dessecados com cola de amido de mandioca e adesivo gelatinoso transparente foi a que melhor se adequou aos objetivos do projeto. Observou-se que os cladódios perdem propriedades de interesse quando expostos a calor excessivo ou quando processados. O material obtido apresentou boa durabilidade, resistência à dobra, moderada resistência à tração e facilidade para secagem. Considera-se a relevância de testes adicionais como resistência a agentes químicos, análise de biodegradabilidade e resistência ao desgaste e abrasão. A produção de um material alternativo ao couro animal a partir de palma forrageira mostrou-se viável, com boas propriedades mecânicas e potencial para aplicação prática. A metodologia adotada permitiu identificar as melhores combinações de materiais, resultando em um produto sustentável e acessível.

Palavras-chave: moda sustentável, biocompósitos, mixture design, inovação têxtil.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVO	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5 CONCLUSÕES	14
REFERÊNCIAS	14
ANEXO	16

1 INTRODUÇÃO

A indústria da moda tem buscado cada vez mais alternativas sustentáveis para a produção de materiais, visando reduzir o impacto causado pelo uso do couro animal, visto que o segmento é um dos maiores poluidores de toda cadeia produtiva do planeta (LOPES, 2019), contribuindo com cerca de 10% das emissões globais de carbono (NIINIMÄKI e HASSI, 2011). Além disso, a produção de couro exige grandes quantidades de água, com um par de botas de couro consumindo até 15.000 litros durante todo o seu ciclo de vida (PETA, 2017).

A busca por alternativas sustentáveis e ecológicas ao couro animal tem impulsionado a pesquisa e desenvolvimento de novos materiais (Wallace, 2009; Gavrilescu et al., 2009; Silva et al., 2022). Entre as opções promissoras, a palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*) destaca-se como uma matéria-prima inovadora para a produção de couro vegetal. Esta espécie é conhecida por sua capacidade de crescer em condições adversas, necessitando de pouca água e cuidados, o que a torna uma cultura sustentável e de baixo impacto ambiental. Seus cladódios, ou palmas, possuem uma composição rica em celulose, hemicelulose, pectinas, extrativos e lignina (Da Cruz Filho, 2019), conferindo um equilíbrio de flexibilidade, resistência e durabilidade. Estas características tornam a palma forrageira uma matéria-prima promissora para diversas aplicações industriais, especialmente na produção de materiais sustentáveis.

A relevância desse assunto se intensifica à medida que a indústria têxtil enfrenta críticas crescentes por suas práticas insustentáveis. A produção de couro animal, além de envolver maus-tratos e a morte de inúmeros animais (Rosa, 2019), é um processo altamente poluente, contribuindo significativamente para o impacto ambiental negativo. Em contraste, a palma forrageira oferece uma alternativa ecológica e ética, alinhando-se com as demandas por práticas mais sustentáveis e responsáveis no setor. A produção de couro vegetal a partir da palma forrageira não apenas representa uma inovação significativa no campo dos materiais sustentáveis, mas também promove a inclusão de práticas agrícolas de baixo impacto, beneficiando comunidades locais e contribuindo para a economia circular.

Considerando o exposto, este trabalho investiga a viabilidade de desenvolver um couro vegetal a partir da palma forrageira, ampliando a compreensão sobre o potencial uso da espécie para aplicações no setor têxtil sustentável.

2 OBJETIVO

OBJETIVO GERAL:

Desenvolver uma fibra ecológica utilizando como matéria-prima a palma forrageira (*Opuntia coenillifera*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Investigar a viabilidade técnica e econômica da produção de fibra têxtil vegetal a partir da *Opuntia cochenillifera* como uma alternativa sustentável ao couro animal.

Contribuir para a promoção de práticas mais sustentáveis na indústria da moda, oferecendo uma opção ecologicamente correta e inovadora de material para a fabricação de produtos de couro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Seleção e Coleta da Matéria-Prima

A espécie selecionada para o estudo foi a palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*), conhecida por sua capacidade de crescer em condições adversas e necessitar de pouca água. Os cladódios (palmas) foram coletados de uma plantação localizada em uma propriedade localizada na Comunidade de Riacho Grande, Mossoró, RN (5°08'31.1"S 37°27'36.6"W).



Preparação dos Cladódios

Os cladódios foram lavados em água corrente para remover sujeiras e impurezas. Em seguida, foram cortados em pedaços menores, facilitando o processamento subsequente. Os pedaços de cladódios foram desidratados utilizando dois métodos: secagem ao ar livre e secagem em estufa a 60°C até que atingissem uma umidade constante. Parte dos cladódios foi reservada para os testes com o material *in natura*.



Formulação dos Compósitos

Foram escolhidas duas matrizes poliméricas para a formulação dos compósitos:

- Cola à base de amido de mandioca:

O amido de mandioca foi dissolvido água destilada fria na proporção 1:5 mexendo bem para evitar a formação de grumos. A mistura foi levada ao fogo baixo, mexendo constantemente até que a solução adquirisse consistência de gelatina, formando uma pasta espessa e homogênea.

- Adesivo gelatinoso transparente

Para a hidratação da gelatina foram adicionados 50 g do pó em 250 ml de água destilada fria, deixando-a descansar por 10-15 minutos para permitir a absorção de água. Após a hidratação, a mistura foi aquecida em banho-maria até que a gelatina estivesse completamente dissolvida, formando uma solução clara e homogênea.

Delineamento experimental

Utilizou-se abordagem experimental *Mixture Design*, uma metodologia utilizada para otimizar a formulação de misturas, onde os componentes da mistura interagem e afetam o resultado final. No contexto da produção de compósitos com base em palma forrageira, o *Mixture Design* foi aplicado para identificar as melhores combinações de ingredientes para obter um material com propriedades desejadas.

Teste 1

Os cladódios *in natura* foram cortados em pequenos pedaços e triturados com o auxílio de um liquidificador até adquirir consistência gelatinosa. Logo após, o material sólido foi separado da mucilagem pelo processo de peneiração. O material sólido restante foi disposto em uma forma redonda de alumínio e colocado em forno convencional a 180 °C. O processo de secagem foi monitorado a cada 15 minutos durante uma hora.

Teste 2

Procedeu-se de forma semelhante ao teste 1, contudo durante o processo de trituração foram adicionados 30 ml de água e a separação sólido-líquido deu-se por decantação por

gravidade por um período de 3 horas. Logo após, o material sólido foi disposto em uma forma de silicone redonda e levado ao forno convencional a 180° C observando-se a cada 15 minutos durante 2 horas.

Teste 3

Os cladódios foram expostos à dessecação solar por um período de 3 dias. Após a secagem, os cladódios foram pulverizados até se transformarem em um pó fino, o que facilitou sua incorporação na matriz do adesivo amiláceo de mandioca na proporção de 1:5. O composto resultante secou naturalmente ao longo de 2 dias.

Teste 4

Os cladódios foram expostos à dessecação solar por 2 dias, até que estivessem desidratados, porém ainda maleáveis. O material foi então cortado em tiras de 4 cm de largura e revestido com uma camada de adesivo amiláceo de mandioca, seguida de uma camada de adesivo gelatinoso transparente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teste 1

O resultado obtido foi um material esfarelado, completamente ressecado e incapaz de apresentar a estética desejada para um couro vegetal. Uma das possíveis causas desse resultado decorre da consistência gelatinosa inadequada do composto. A mistura de cladódios triturados não atingiu uma consistência gelatinosa adequada, isso pode ter prejudicado a formação e a coesão do material durante a secagem. A distribuição desigual do composto na forma redonda de alumínio pode ter interferido no processo de secagem, resultando em um material com textura inconsistente. A forma redonda de alumínio pode não ter proporcionado uma ventilação adequada durante o processo de secagem. Isso pode ter causado uma secagem irregular ou a formação de umidade residual no material. A consistência incorreta pode resultar em um material final que não possui a estrutura desejada.



Teste 2

O resultado obtido no segundo teste também foi insatisfatório. A substituição da forma de alumínio por uma de silicone resultou na aderência do material à forma, provocando bordas queimadas e o material inconsolidado ao centro. O forno a 180 °C pode ter sido muito quente para a secagem uniforme dos cladódios. Temperaturas elevadas podem provocar a queima ou degradação das fibras, levando a um material ressecado e com textura não desejada. Idealmente, temperaturas mais baixas e secagem gradual poderiam ser mais eficazes.



Teste 3

No terceiro teste, o material se tornou ressecado e apresentou uma textura áspera, não demonstrando flexibilidade nem resistência à dobra. O processo de pulverização pode ter levado a um pó com partículas muito finas ou inconsistentes, que podem ter afetado a qualidade do composto final. A proporção de 1:5 pode não ter sido ideal, resultando em um composto com propriedades inadequadas, como falta de flexibilidade e resistência. Posteriormente serão testadas diferentes proporções de mistura para otimizar as propriedades do composto. O adesivo amiláceo de mandioca pode não ter proporcionado as propriedades desejadas para a matriz, resultando em um material ressecado e rígido.



Teste 4

No último teste, obteve-se um resultado satisfatório, com uma estética semelhante à do couro tradicional. O material se mostrou resistente e apresentou boa durabilidade. A dessecação solar por 2 dias foi suficiente para desidratar os cladódios mantendo-os ainda maleáveis. Essa etapa parece ter sido otimizada para preparar o material para o revestimento. A aplicação de uma camada de adesivo amiláceo de mandioca seguida de um adesivo gelatinoso transparente proporcionou uma boa estética e resistência ao material final.

Embora o resultado tenha sido satisfatório, ainda faz-se necessário explorar a variabilidade de matrizes em diferentes, a integração com outras formulações e a realização de testes adicionais como como resistência a agentes químicos, análise de biodegradabilidade e resistência ao desgaste e abrasão. Bem como avaliar aspectos como escalabilidade, aceitação do mercado e limitações técnicas.



O resultado que obtivemos demonstra que é viável criar um couro sustentável a partir de materiais mais acessíveis e com melhor custo-benefício. Atualmente, a indústria investe predominantemente na produção de pele animal para fabricar suas peças. No entanto, ao escolher um material com maior viabilidade econômica, pode-se promover uma abordagem mais sustentável e ecológica, trazendo benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a saúde.

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do material a partir de palma forrageira demonstrou um potencial significativo como alternativa sustentável ao couro tradicional. A semelhança estética com o couro convencional pode despertar interesse na utilização deste material em aplicações sustentáveis dentro do design de produtos, promovendo práticas mais ecológicas e responsáveis no setor.

Os resultados obtidos indicam que, embora o material final tenha alcançado uma aparência similar à do couro tradicional e apresentado boa durabilidade, ainda existem áreas para aprimoramento. Melhorias nas formulações das matrizes adesivas e no processamento dos cladódios são essenciais para aumentar a resistência e a durabilidade do material. Tais aprimoramentos são fundamentais para assegurar que o produto final possa atender aos requisitos de desempenho necessários para aplicações comerciais.

Para validar plenamente a viabilidade do material, é crucial realizar testes futuros que incluam avaliações abrangentes de durabilidade, resistência e refino das propriedades mecânicas. Esses testes fornecerão dados essenciais para otimizar o processo de produção e garantir que o material possa competir efetivamente com alternativas convencionais no mercado.

Em suma, o projeto revelou a promessa da palma forrageira como uma matéria-prima sustentável para a produção de couro vegetal. No entanto, a continuidade da pesquisa e o aprimoramento das técnicas são necessários para consolidar sua posição como uma alternativa viável e eficaz ao couro animal.

REFERÊNCIAS

DA CRUZ FILHO, Iranildo José et al. Lignins isolated from Prickly pear cladodes of the species *Opuntia ficus-indica* (Linnaeus) Miller and *Opuntia cochenillifera* (Linnaeus) Miller induces mice splenocytes activation, proliferation and cytokines production. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 123, p. 1331-1339, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813018339631>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

GAVRILESCU, Dan et al. Sustainable use of vegetal fibers in composite materials. Sources of vegetal fibers. **Environmental Engineering & Management Journal**, v. 8, n. 3, p. 263-272, 2009. Disponível em: <<https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A3%3A544579/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A43780080&crl=c>>. Acesso em: 22 jul. 2024.

LOPES, B. S. Moda sustentável e consumo consciente: desconstruindo padrões. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Design de Moda) — Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), Lajeado, 2019. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2602/6/2019BetinaSehnLopes.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2024.

NIINIMÄKI, Katri; HASSI, Liisa. Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and fashion. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 16, p. 1876-1883, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652611001569>>. Acesso em: 15 jun. 2024.

ORTEGA, Z. et al. Production of banana fiber yarns for technical textile reinforced composites. **Materials**, v. 9, n. 5, p. 370, 2016. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1996-1944/9/5/370>>. Acesso em: 09 jul. 2024.

PETA. The facts about leather. 2017. Disponível em: <<https://www.peta.org>>. Acesso em: 9 jun. 2024

SCHNEIDER, T., BEHLING FERNANDES, K. M., & PEDRI PEREIRA, L. O couro e suas alternativas: uma análise do seu uso no mercado da moda. **Revista E-TECH: Tecnologias Para Competitividade Industrial**, v. 15, n. 1, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.18624/etech.v15i1.1192>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SILVA, A.; VILAÇA, H.; ANTUNES, J.; ROCHA, A.; SILVA, C. Recubrimientos textiles de base biológica y bioactivos a partir de residuos y subproductos vegetales. **Base Diseño E Innovación**, v. 7, n. 7, p. 57-70, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.52611/bdi.num7.2022.801>. Acesso em: 19 jul. 2024.

WJUNOW, C. et al. Sustainable Textiles from Unconventional Biomaterials—Cactus Based. **Eng. Proc.** v. 37, n. 58, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ECP2023-14652>>. Acesso em: 09 jul. 2024.

WALLACE, Richard H. Commoditizing culture: the production, exchange, and consumption of couro vegetal from the Brazilian Amazon. **Ethnology: An International Journal of Cultural and Social Anthropology**, v. 48, n. 4, p. 295-313, 2009. Disponível em: <<https://ethnology.pitt.edu/ojs/Ethnology/article/view/6065>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

ANEXO



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 4.888, DE 9 DE DEZEMBRO DE 1965.

Mensagem de veto

Proíbe o emprêgo da palavra couro em produtos industrializados, e dá outras providências.

Faço saber que o CONGRESSO NACIONAL decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º Fica proibido pôr à venda ou vender, sob o nome de *couro*, produtos que não sejam obtidos exclusivamente de pele animal.

Art. 2º Os produtos artificiais de imitação terão de ter sua natureza caracterizada para efeito de exposição e venda.

Art. 3º Fica também proibido o emprêgo da palavra *couro*, mesmo modificada com prefixos ou sufixos, para denominar produtos não enquadrados no art. 1º.

Art. 4º A infração da presente Lei constitui crime previsto no [art. 196 e seus parágrafos do Código Penal](#).

Art. 5º ...VETADO...

Art. 6º Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 9 de dezembro de 1965; 144º da Independência e 77º da República.

H. CASTELLO BRANCO
Octavio Bulhões

Este texto não substitui o publicado no DOU de 13.12.1965