



Mix Sustentável



Viabilidade técnica e aplicação artística do papel artesanal de fibras de cânhamo na valorização de resíduos

Technical viability and artistic application of handmade hemp fiber paper in waste valorization

Viabilidad técnica y aplicación artística del papel artesanal de fibras de cáñamo en la valorización de residuos

Fabiolla Xavier Rocha Ferreira Lima¹ 

Luanna Lourenço Morais¹ 

Leonardo Morais Gonçalves Ayres² 

Greicielly de Souza Rosa Garcia¹ 

Vitor Pureza Cardoso¹ 

¹ Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

² Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil

Correspondência para: fabiollla_lima@ufg.br

Resumo: A busca por fibras não madeireiras sustentáveis expõe o subaproveitamento de resíduos agrícolas, como o caule do cânhamo. Este artigo avalia a viabilidade técnica da produção de papel artesanal a partir do resíduo da fibra externa do cânhamo industrial (*Cannabis sativa* L.). A metodologia comparou dois protocolos artesanais de reduzida intervenção química: (P1) com maceração curta (3 horas) e (P2) com maceração prolongada (10 dias) e fervura (2,5 horas). Os resultados demonstram que o P1 resultou em desfibração incompleta e papel

ARTIGO ORIGINAL - SEÇÃO CIENTÍFICA

Editor responsável pelo artigo: Lisiane Ilha Librelotto, Dr. Eng., Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. Eng.

Recebido em

13/03/2026

Aprovado em

25/05/2026

Publicado em

03/06/2026

PID

10.29183/2447-
3073.MIX2026.v12.n1.185-
205



Texto padrão da Licença

Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional.

Declaração de Copyright

Autores mantém os direitos autorais e concedem à revista o direito de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a Licença Creative Commons Attribution que permite o compartilhamento do trabalho com reconhecimento da autoria

áspero, enquanto o P2, otimizado, produziu uma polpa macia e folhas uniformes e granuladas. O papel do Protocolo 2 foi submetido a testes de aplicação artística (xilografura, serigrafia e técnicas mistas), demonstrando desempenho satisfatório e boa estabilidade frente ao contato com água, comprovada na técnica do guache lavado. Conclui-se que o protocolo artesanal é viável para valorizar o resíduo em um produto de alto valor agregado, alinhado à economia circular, observando-se que os desafios regulatórios ainda influenciam o desenvolvimento dessa cadeia produtiva no Brasil.

Palavras-chave: Papel artesanal; Cânhamo; *Cannabis sativa* L.; Fibras não-madeireiras; Reaproveitamento de resíduos.

Abstract: The search for sustainable non-wood fibers highlights the underutilization of agricultural residues, such as hemp stalks. This article evaluates the technical viability of producing handmade paper from the external fiber residue of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). The methodology compared two artisanal protocols with reduced chemical intervention: (P1) short maceration (3 hours) and (P2) prolonged maceration (10 days) followed by boiling (2.5 hours). The results demonstrate that P1 led to incomplete defibration and rough paper, whereas the optimized P2 produced a soft pulp and uniform, granulated sheets. Paper produced using Protocol 2 was subjected to artistic application tests (woodcut printing, screen printing, and mixed-media techniques), demonstrating satisfactory performance and good stability when exposed to water, as evidenced in the gouache wash technique. It is concluded that the artisanal protocol is viable for transforming the residue into a high value-added product aligned with the principles of the circular economy, while regulatory challenges still influence the development of this production chain in Brazil.

Keywords: Handmade paper; Hemp; *Cannabis sativa* L.; Non-wood fibers; Waste valorization.

Resumen: La búsqueda de fibras no madereras sostenibles expone el subaprovechamiento de residuos agrícolas, como el tallo del cáñamo. Este artículo evalúa la viabilidad técnica de la producción de papel artesanal a partir del residuo de la fibra externa de cáñamo industrial (*Cannabis sativa* L.). La metodología comparó dos protocolos artesanales de reducida intervención química (P1) con maceración corta (3 horas) y (P2) con maceración prolongada (10 días) y ebullición (2,5 horas). Los resultados demuestran que el P1 resultó en una desfibración incompleta y papel áspero, mientras que el P2, optimizado, produjo una pulpa blanda

e publicação inicial nesta revista.

Contribuição dos autores segundo a Taxonomia CRediT

FXRFL (Fabiolla X. R. F. Lima): data curation, funding acquisition, project administration, writing – review & editing. LLM (Luanna L. Moraes): supervision, writing – original draft. LMGA (Leonardo M. G. Ayres): software, writing – review & editing. GSRG (Greicielly S. R. Garcia): conceptualization, data curation, investigation, methodology, visualization. VPC (Vitor P. Cardoso): resources, supervision.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Fonte de financiamento

Este trabalho contou com o apoio de bolsa de mestrado concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) / Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

y hojas uniformes y granuladas. El papel del Protocolo 2 fue sometido a pruebas de aplicación artística (xilografía, serigrafía y técnicas mixtas), demostrando un desempeño satisfactorio y buena estabilidad frente al contacto con agua, comprobada en la técnica del gouache lavado. Se concluye que el protocolo artesanal es viable para valorizar el residuo en un producto de alto valor agregado, alineado con la economía circular, observándose que los desafíos regulatorios todavía influyen en el desarrollo de esta cadena productiva en Brasil.

Palabras clave: Papel artesanal; Cábamo; *Cannabis sativa* L.; Fibras no maderas; Valorización de residuos.

Como citar: LIMA, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira; MORAIS, Luanna Lourenço; AYRES, Leonardo Moraes Gonçalves; GARCIA, Greicielly de Souza Rosa; CARDOSO, Vitor Pureza. Viabilidade técnica e aplicação artística do papel artesanal de fibras de cânhamo na valorização de resíduos. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 185-205, 2026. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2026.v12.n1.185-205>.

1 INTRODUCCIÓN

En respuesta a los desafíos ambientales de la producción convencional, la búsqueda de materias primas sostenibles ha impulsado una reevaluación de las fuentes de fibras no madereras para la industria de la celulosa y el papel. Esta transición está motivada no solo por la necesidad de preservar los recursos forestales, sino también por los principios de la economía circular, que exigen la valorización integral de la biomasa y el aprovechamiento de los residuos agrícolas.

En este escenario, el cáñamo industrial (*Cannabis sativa* L.) resurge como una materia prima de gran potencial. Con un legado histórico que se remonta a los albores de la fabricación de papel, el cáñamo presenta propiedades intrínsecas superiores, especialmente en sus fibras externas (el líber o *bast*). Estas se caracterizan por un alto contenido de celulosa y un bajo contenido de lignina, lo que otorga a los productos finales una resistencia y una alta estabilidad química, históricamente comprobadas.

En el contexto brasileño, el desarrollo de investigaciones y cadenas productivas relacionadas con el cáñamo industrial todavía enfrenta limitaciones regulatorias derivadas de la asociación histórica de la especie *Cannabis sativa* L. con usos psicoactivos. Sin embargo, las variedades industriales destinadas a la producción de fibras presentan bajos contenidos de THC, generalmente inferiores al 0,3%, y son ampliamente utilizadas internacionalmente en aplicaciones textiles, alimentarias e industriales.

A pesar de que el potencial del cáñamo para la producción de pasta a escala industrial está bien documentado, existe un problema central en el subaprovechamiento de sus residuos en otras cadenas productivas. Las fibras externas, a menudo descartadas en cultivos destinados a la producción de semillas o compuestos medicinales, representan una materia prima de alto valor. Sin embargo, existe una brecha en la literatura sobre procesos accesibles y artesanales, con reducida intervención química, que no dependan de grandes infraestructuras o de insumos químicos controlados, y que puedan valorizar este residuo específico a pequeña escala.

A diferencia de los estudios orientados a la producción industrial de celulosa de cáñamo, esta investigación se centra en la valorización artesanal del residuo fibroso externo proveniente de cultivos destinados a otras finalidades, proponiendo un protocolo de baja complejidad técnica, reducido uso de insumos químicos y potencial aplicación artística. El estudio busca contribuir a enfoques de pequeña escala alineados con estrategias de aprovechamiento integral de biomasa vegetal y valorización de residuos agrícolas.

Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica de la producción de papel artesanal a partir del residuo de la fibra externa del tallo de cáñamo. El trabajo detalla un protocolo de fabricación con un uso mínimo de productos químicos, enfocado en un manejo accesible, y caracteriza, empíricamente, el desempeño de los papeles resultantes como soporte para diversas técnicas artísticas, incluyendo la xilografía, la serigrafía y la pintura con pigmentos naturales.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El papel es una película de fibras de celulosa polisacárido de fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n$, las cuales se obtienen mediante la cocción y/o maceración. Estas fibras pueden ser refinadas, enmarañadas y agregadas básicamente por enlaces químicos de puentes de hidrógeno Gatti e Oliveira (2007), Dória (2021), Martins *et al.* (2025).

El material está compuesto principalmente por celulosa, un tipo de carbohidrato que constituye la pared celular y está presente en todos los vegetales. Teniendo en cuenta que todas las plantas contienen celulosa, aunque en mayor o menor grado de concentración, es tecnológicamente posible producir pasta celulósica a partir de prácticamente cualquier materia prima fibrosa (Cunico *et al.*, 2021; Gatti; Oliveira, 2007; Dória, 2021).

Ante la necesidad global de suplir la demanda de papel y la creciente conciencia sobre la sostenibilidad, las fibras vegetales no madereras se destacan como una alternativa favorable para el sector. Estas fibras alternativas pueden provenir de residuos agrícolas o de plantas anuales que poseen ciclos cortos de crecimiento y, generalmente, requieren menos productos químicos para la producción de pasta (Cunico *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2025; Dutt; Upadhyaya; Tyagi, 2010). Entre las fuentes alternativas que destacan en estudios e investigaciones, se citan:

- Bambú (*Bambusa vulgaris*), que posee una alta resistencia mecánica y propiedades fisicoquímicas favorables;
- Bagazo de caña de azúcar, un subproducto agrícola abundante Worku *et al.* (2023);
- Bananera (*Musa spp.*), siendo el raquis, el tallo y el pseudo tallo adecuados para la producción de papel (Gatti *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2025);
- Cáñamo (*Cannabis sativa* L.), que posee un bajo contenido de lignina, un alto contenido de celulosa y una mayor resistencia en comparación con el papel hecho de madera Dutt, Upadhyaya e Tyagi (2010).

La adopción de estas materias primas y el desarrollo de procesos artesanales, como la cocción y la maceración en agua, representan una acción de interés ambiental y social, al reducir la dependencia de los recursos forestales y el impacto asociado al desecho agrícola, de acuerdo con Cunico *et al.* (2021); Gatti *et al.* (2011) y Martins *et al.* (2025).

El cáñamo industrial (*Cannabis sativa* L.), originario de Asia Central, es una de las fuentes de fibra más antiguas cultivadas y utilizadas por la humanidad para la fabricación de papel Instituto Escolhas (2025). El uso de la fibra de cáñamo para el papel se remonta a más de 2.000 años, coincidiendo con la invención del papel en China, atribuida a Cai Lun en 105 d.C., quien utilizó, entre otros materiales, trapos de cáñamo (Dória, 2021; Instituto Escolhas, 2025). Artefactos históricos, como fragmentos de papel datados del periodo 140-87 a.C. encontrados en China, dan fe de la antigüedad y la durabilidad del papel primitivo Dória (2021). La durabilidad y la resistencia superior del cáñamo eran características importantes para el papel, y la demanda de materiales

de alta calidad aumentó significativamente con la aparición de la imprenta de Johannes Gutenberg en el siglo XV (Martins *et al.*, 2025; Dória, 2021).

Aunque el sector papelerero pasó a utilizar, mayoritariamente, la pasta de madera a partir del siglo XIX (la madera todavía satisface más del 80% de la demanda global de pasta), lo que llevó al declive de las fibras tradicionales, los científicos se han dedicado a la investigación intensiva de fuentes alternativas en las últimas dos décadas (Kamoga; Byaruhanga; Kirabira, 2013; Baptista; Santos; Rosa, 2020; Dória, 2021). El cáñamo experimenta un resurgimiento contemporáneo, impulsado por la creciente conciencia sobre la sostenibilidad y la búsqueda de materias primas que se alineen con los principios de la economía circular, al reducir el impacto ambiental y la dependencia de los árboles (Martins *et al.*, 2025; Kamoga; Byaruhanga; Kirabira, 2013; Instituto Escolhas, 2025). El cáñamo se considera más sostenible que cultivos como el algodón, debido al bajo o nulo uso de agroquímicos nocivos y a su potencial de eliminación de carbono (Instituto Escolhas, 2025; Martins *et al.*, 2025).

La aptitud superior del cáñamo para la producción de papel reside en su morfología y composición química (Bowyer, 2001; Baptista; Santos; Rosa, 2020; Marques *et al.*, 2010). El tallo de la planta de cáñamo dicotiledónea posee dos fracciones distintas: la capa externa, o líber (o entrecorteza), compuesta por fibras celulósicas largas y resistentes; y la parte interna, o leño (cañamiza o *core*), compuesta por fibras más cortas (Bowyer, 2001; Baptista; Santos; Rosa, 2020; Pal; Lucia, 2019). El líber puede representar cerca del 35% del volumen total del tallo, con fibras que presentan longitudes medias de hasta 20 mm (Bowyer, 2001; Dutt; Upadhyaya; Tyagi, 2010).

Las fibras largas del líber son ideales para la producción de papeles especiales de alta resistencia, como papel moneda, papel de fumar y papeles de archivo, y demuestran una mayor resistencia al rasgado (El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020; Bowyer, 2001; Marques *et al.*, 2010; Baptista; Santos; Rosa, 2020). Mientras tanto, las fibras cortas de la cañamiza, que poseen una longitud media de aproximadamente 0,46 mm a 0,55 mm, son adecuadas para papeles que requieren buena formación y lisura (Baptista; Santos; Rosa, 2020; El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020; Bowyer, 2001).

Químicamente, las fibras del líber presentan ventajas significativas: poseen un contenido excepcionalmente alto de celulosa (cerca del 67%) y un contenido de lignina notablemente bajo (entre el 2% y el 4%), en contraste con la madera leñosa, que posee contenidos de lignina mucho más elevados, variando en promedio del 20% al 28% (Bowyer, 2001; El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020; Marques *et al.*, 2010). Esta baja concentración de lignina es un factor determinante para la estabilidad histórica de los papeles de cáñamo, ya que exige procesos de producción de pasta menos agresivos para su eliminación, lo que resulta en una menor degradación de la celulosa (Martins *et al.*, 2025; Baptista; Santos; Rosa, 2020; Pal; Lucia, 2019; Dutt; Upadhyaya; Tyagi, 2010). El procesamiento con menos productos químicos reduce el consumo de energía y la necesidad de reactivos, preservando las fibras y otorgando al papel una resistencia inherente al envejecimiento y al amarillamiento, lo que cumple con los rigurosos estándares de permanencia y archivo (El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020; Hubbe; Bowden, 2009; Martins *et al.*, 2025; Dória, 2021).

La transformación de las fibras en pasta es la etapa que define las propiedades del papel Kamoga, Byaruhanga e Kirabira (2013). La literatura técnica reciente detalla un espectro de técnicas, siendo los procesos

químicos optimizados, como el Soda-Antraquinona (Soda-AQ), el Kraft o el Organosolv (que utiliza solventes orgánicos) (Kamoga; Byaruhanga; Kirabira, 2013; El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020), referencias para la producción de pasta de alta pureza y blancura (Dutt; Upadhyaya; Tyagi, 2010; Kamoga; Byaruhanga; Kirabira, 2013). El objetivo de la producción química de pasta es degradar la lignina y las hemicelulosas en moléculas más pequeñas, solubles en agua, para preservar las fibras de celulosa (Kamoga; Byaruhanga; Kirabira, 2013; Martins *et al.*, 2025).

Sin embargo, la vanguardia de la investigación en la producción de pasta se centra en reducir o eliminar el uso de productos químicos agresivos, alineándose con la química verde (El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020; Worku *et al.*, 2023; Pal; Lucia, 2019). Enfoques de bajo impacto, como la producción de pasta enzimática (*bio-pulping*), que utiliza cepas de hongos Kamoga, Byaruhanga e Kirabira (2013), o pretratamientos enzimáticos (como la xilanasa), son alternativas de bajo coste para el blanqueo (Worku *et al.*, 2023; El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020). El uso de enzimas tiene como objetivo “desmontar” selectivamente componentes no celulósicos y puede reducir la necesidad de dióxido de cloro hasta en un 20% para fines de blanqueo Worku *et al.* (2023).

Otra técnica, la maceración microbiana (enriado o fermentación) — una práctica ancestral ampliamente utilizada antes de la invención de la pila holandesa (Hubbe; Bowden, 2009; Farnsworth, 2024) — consiste en el ablandamiento de las fibras para reducir el tiempo y la energía de refinado, aunque puede causar cierta degradación de la resistencia de la fibra si se prolonga Hubbe e Bowden (2009).

Otro proceso de bajo impacto es la autohidrólisis, que utiliza solo agua caliente y presurizada Pal e Lucia (2019). La alta temperatura hace que el agua separe grupos en las hemicelulosas, liberando ácido acético, que a su vez cataliza la hidrólisis de los enlaces entre lignina y celulosa, liberando las fibras Pal e Lucia (2019). Este método se considera eficiente, de baja intensidad y utiliza pocos productos químicos Pal e Lucia (2019). Los procesos artesanales de cocción y maceración en agua, alineados con los principios de la sostenibilidad, funcionan como una versión accesible y de “química cero” (o baja química) de estos métodos, ya que la baja concentración de lignina en materias primas como el cáñamo ya requiere naturalmente menos productos químicos y condiciones menos drásticas para la deslignificación (Dória, 2021; Marques *et al.*, 2010; Baptista; Santos; Rosa, 2020; Martins *et al.*, 2025).

El papel de cáñamo es, actualmente, reconocido por sus propiedades físicas, mecánicas y ópticas superiores Martins *et al.* (2025). Estudios empíricos confirman que las pastas de fibras no madereras, incluidas las pastas de *Cannabis sativa* L., presentan índices de tracción, estallido y rasgado (*tear index*) que se posicionan por encima de las pastas de madera frondosa (*hardwood*) (Dutt; Upadhyaya; Tyagi, 2010; El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020). Investigaciones comparativas directas demuestran que el cáñamo exhibe una clara superioridad en la resistencia al rasgado en comparación con la pasta de eucalipto, un estándar industrial de madera frondosa (Dutt; Upadhyaya; Tyagi, 2010; Cunico *et al.*, 2021; Santos, 2022). Esta resistencia se atribuye a las fibras largas del líber del cáñamo (El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020; Hubbe; Bowden, 2009).

Además de la resistencia mecánica, el papel de cáñamo destaca por su estética y longevidad Martins *et al.* (2025). Las fibras del cáñamo poseen un contenido de lignina inherentemente bajo, lo que facilita el

proceso de deslignificación y resulta en una pasta con un alto grado de blancura (Dutt; Upadhyaya; Tyagi, 2010; Danielewicz, 2023). La baja degradación de la celulosa y la ausencia de amarillamiento con el tiempo otorgan al material una resistencia inherente al envejecimiento Martins *et al.* (2025). Esta estabilidad química de la fibra (libre de ácido y lignina) asegura la “calidad de museo” exigida para una alta resistencia al envejecimiento y para la producción de papeles especiales (como papel moneda y filtros) (El-sayed; El-sakhawy; El-sakhawy, 2020; Dória, 2021; Martins *et al.*, 2025).

La literatura técnica y artística valida la aplicación del papel de cáñamo como soporte artístico, corroborando las pruebas empíricas realizadas (Dória, 2021; Hubbe; Bowden, 2009), teniendo como ejemplo:

- Técnicas secas (dibujo): la alta calidad y durabilidad del papel de cáñamo lo convierten en un sustrato ideal para el dibujo y el boceto, siendo valorado en el mercado de las bellas artes Dória (2021);
- Grabado en relieve (xilografía): la alta resistencia intrínseca de la fibra larga (característica de las fibras del líber) es determinante para la producción de hojas finas con alta resistencia al rasgado, lo cual es imprescindible para la impresión y para manejar técnicas de impresión más abrasivas (Hubbe; Bowden, 2009; Dória, 2021);
- Pintura y pigmentos: el papel es un soporte fundamental para diversas técnicas, incluyendo la pintura con pigmentos (como el guache) (Hubbe; Bowden, 2009; Dória, 2021), siendo el papel hecho a mano (con fibras como el cáñamo) un material valorado por los artistas en contraste con el papel industrializado Hubbe e Bowden (2009).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Esta sección detalla los procedimientos prácticos para la producción y caracterización del papel artesanal de cáñamo, desde la obtención de la materia prima hasta la aplicación de técnicas artísticas.

La materia prima utilizada fue el residuo de la fibra externa del tallo de *Cannabis sativa* L. (cáñamo). El material fue cultivado y suministrado por el Núcleo de Investigación en Cultivo de Cannabis Sativa de la Universidad Federal de Goiás (NUPECC/UFG)¹, en colaboración con la Asociación Curando Ivo², proveniente de cultivos autorizados por *Habeas Corpus* para fines de investigación científica. Los tallos, descartados de investigaciones de ámbito medicinal, fueron destinados a este estudio de las fibras.

El preparado inicial (Figura 1) consistió en la maceración de los tallos enteros. Las astas fueron sumergidas en una olla de 20L y sometidas a ebullición durante 3 horas. Esta cocción ablandó las estructuras, permitiendo que las cortezas (fibras externas) fueran retiradas manualmente. Las fibras externas separadas se dispusieron entonces para su secado en un lugar aireado y fueron almacenadas, constituyendo el material base para los protocolos de producción de pasta.

¹Disponible en: <<https://www.instagram.com/nupecc.ufg>>

²Disponible en: <<https://curandoivo.org.br>>



Figura 1 – Preparación de la materia prima

Notas: (a) ebullición de los tallos en agua; (b) separación manual de la fibra externa (lúber) y del núcleo (cañamiza); (c) fibras externas secas y almacenadas.

Fuente: Autores.

Los dos protocolos fueron desarrollados con el objetivo de evaluar empíricamente la influencia del tiempo de maceración y del procesamiento mecánico en la desfibración del material, priorizando métodos accesibles, de baja toxicidad y compatibles con la producción artesanal a pequeña escala.

Las fibras secas preparadas se procesaron según dos protocolos distintos para la obtención de la pasta celulósica.

Para el desarrollo del Protocolo 1 (Figura 2), las fibras secas se cortaron inicialmente en pequeños trozos con tijeras y, a continuación, se procesaron en un molino de cereales para una mayor trituración. El material molido se sumergió en agua por un periodo de 3 horas. Tras la inmersión, las fibras fueron drenadas y machacadas mecánicamente con un martillo para promover la desfibrilación. La pasta se preparó en una licuadora industrial (2L), utilizando la proporción de 250g de fibras por 1L de agua potable, batiendo el material a velocidad alta durante 8 minutos.

En el Protocolo 2 (Figura 3), las fibras secas se cortaron en trozos más pequeños utilizando un cuchillo; la etapa del molino de cereales fue suprimida. Las fibras cortadas se sometieron a un proceso de maceración prolongada, permaneciendo sumergidas en agua potable durante 10 días. Durante este periodo, el agua se cambió cada 2 días para la eliminación de impurezas.

Tras los 10 días de maceración, las fibras se drenaron y se sometieron a un segundo proceso de ebullición en una olla de 20L con agua, durante 2 horas y 30 minutos. El material cocido fue drenado y machacado con un martillo, de manera similar al Protocolo 1. La pasta se preparó en una licuadora común (1L), en una proporción de 75g de fibras por 750ml de agua potable, batiendo a velocidad alta durante 8 minutos.

Notas: (a) fibras secas; (b) corte con tijeras; (c) molino de cereales; (d) fibras molidas; (e) inmersión en agua (3h); (f) aplastamiento mecánico (martillo); (g) licuadora industrial; (h) pasta final (P1).

Fuente: Autores.

Notas: (a) corte con cuchillo; (b) maceración prolongada en agua (10 días); (c) ebullición (2,5h); (d) licuadora común; (e) (f) pasta final (P2).



Figura 2 – Procesamiento de la pasta (Protocolo 1)



Figura 3 – Procesamiento de la pasta (Protocolo 2)

Fuente: Autores.

La formación de las hojas de papel, común a ambos protocolos, se realizó mediante el método de inmersión (o “pesca”). La pasta obtenida (Protocolos 1 y 2) se diluyó en una tina grande con 3L de agua. Se utilizó un conjunto de molde y bastidor (forma y contraforma) en formato A6. El proceso de inmersión consistió en sumergir el conjunto en la dispersión de fibras y su posterior elevación, permitiendo el escurrido del agua y la formación de la hoja sobre la malla (Figura 4).

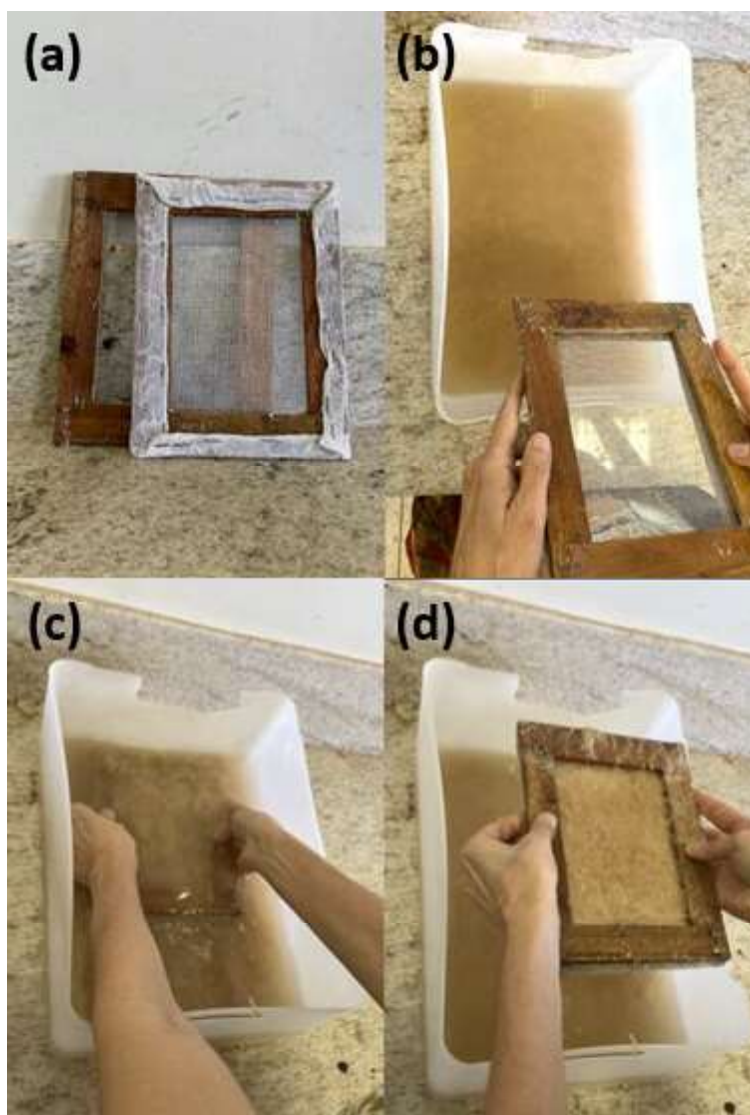


Figura 4 – Confección de las hojas (método de inmersión)

Notas: (a) molde y bastidor (formato A6); (b) tina con pasta diluida; (c) movimiento de “inmersión” de las fibras; (d) hoja formada en la malla.

Fuente: Autores.

Tras la retirada del bastidor, la hoja húmeda fue transferida a una superficie absorbente (papel de periódico) por inversión (acción de poner en fieltro), donde el exceso de agua se eliminó con una esponja. Las hojas

transferidas se dejaron secar al aire libre durante aproximadamente 24 horas (Figura 5). La variación en el gramaje de los papeles se controló empíricamente: las sucesivas formaciones de hojas sin reposición de pasta en la tina dieron como resultado papeles de menor gramaje y mayor translucidez.



Figura 5 – Confección de las hojas (transferencia y secado)

Notas: (a) retirada del bastidor; (b) transferencia de la hoja a una superficie absorbente; (c) eliminación del exceso de agua (esponja); (d) secado al aire libre.

Fuente: Autores.

Los papeles resultantes de los dos protocolos fueron sometidos a pruebas empíricas para evaluar su desempeño como soporte para técnicas artísticas.

Xilografía: Se utilizaron hojas de bajo gramaje (Protocolo 2) para la impresión manual, y hojas texturizadas (Protocolo 1) para la impresión con prensa (tórculo). El proceso consistió en aplicar tinta sobre una matriz de madera tallada y transferir la imagen al papel.

Serigrafía: Se probaron hojas de alto gramaje (Protocolo 2) y hojas del Protocolo 1. La tinta se aplicó forzándola a través de una malla de tejido sintético (matriz serigráfica) mediante el uso de una racleta (rasqueta).

Para evaluar la absorción y resistencia, se aplicaron diversas tintas, principalmente en los papeles del Protocolo 2. Se utilizaron geotintas (tintas de tierra) y Waji (pigmento mineral azul), preparadas con 2 partes de pigmento, 2 partes de aglutinante (cola blanca o PVA) y 3 partes de agua. También se aplicaron pinturas de tipo acrílico, spray, tinta china (nanquín), guache y carbón vegetal.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados se presenta en dos etapas: primero, una evaluación comparativa de los resultados físicos y táctiles de los dos protocolos de producción de pasta; a continuación, un análisis del desempeño de los papeles resultantes al ser sometidos a las aplicaciones de técnicas artísticas.

Los dos protocolos de procesamiento dieron lugar a pastas y papeles con características físicas y texturas visiblemente distintas, directamente relacionadas con la eficacia de la etapa de maceración.

Aunque el estudio posee carácter experimental y exploratorio, los resultados permiten discutir alternativas de aprovechamiento artesanal de fibras de cáñamo industrial en contextos de pequeña escala, especialmente en aplicaciones artísticas y en prácticas asociadas a la economía circular.

En el Protocolo 1, la etapa de molienda en molino de cereales resultó ser poco relevante, presentando poca diferencia en la longitud final de las fibras. Seguidamente, en la etapa de machacado con martillo, se observó que el proceso de desfibrilación no ocurrió de forma uniforme. Las fibras aún presentaban fragmentos duros que no se abrieron, lo que se entiende como resultado de un proceso de maceración (solo 3 horas de inmersión) insuficiente para ablandar la materia fibrosa. Como resultado, los papeles obtenidos presentaron una textura áspera, con fragmentos visibles de fibras no procesadas (Figura 6). A pesar de ello, el papel demostró una alta resistencia al rasgado, aunque ligeramente quebradizo, con una apariencia considerada atractiva para trabajos de impresión, como la xilografía.

Notas: (a) hoja de papel terminada (P1); (b) detalle de la superficie fibrosa y áspera, resultado de la desfibrilación incompleta.

Fuente: Autores.

El Protocolo 2 se desarrolló a partir de las observaciones del Protocolo 1, optimizando el proceso de maceración. La combinación de la maceración prolongada (10 días) con la ebullición (2h 30min) fue decisiva. En este protocolo, la desfibrilación fue satisfactoria, formando una pasta suave y dispersa. El comportamiento maleable de las fibras fue evidente ya en el machacado con martillo, con las fibras abriéndose y formando “fibrillas” (pelos) de celulosa con facilidad. En consecuencia, las hojas de papel resultantes presentaron un aspecto más uniforme de unión entre las fibras y una textura suavizada y granulada (Figura 7).

Notas: (a) hojas de gramajes variados (P2); (b) detalle de la superficie granulada y uniforme, resultado de la maceración optimizada.

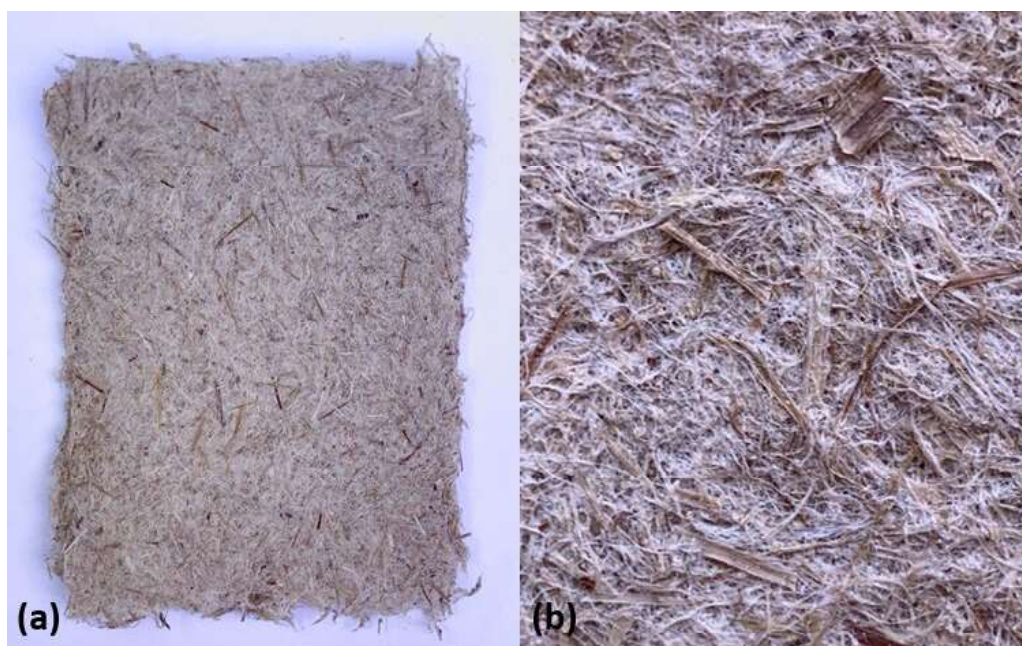


Figura 6 – Resultado del Protocolo 1

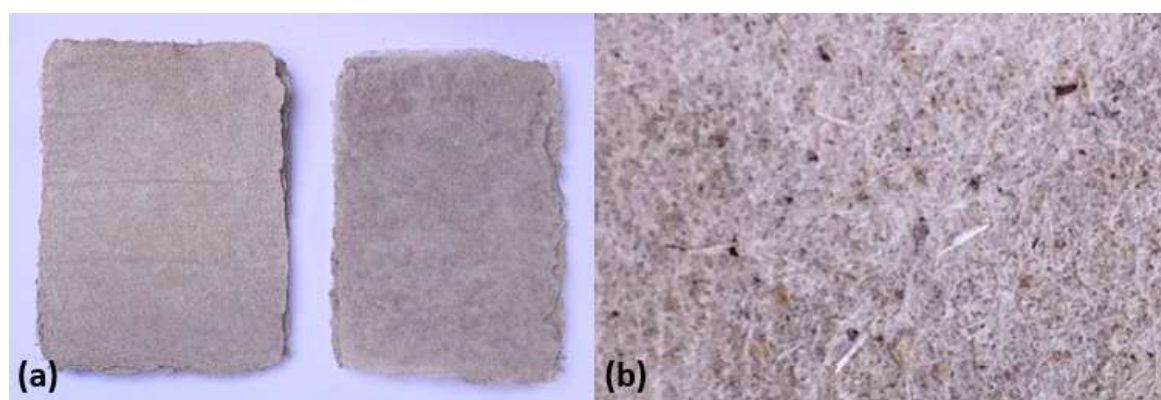


Figura 7 – Resultado del Protocolo 2

Fuente: Autores.

Además de la textura, el Protocolo 2 permitió un control empírico del gramaje del papel. Se observó que, para papeles de gramajes más altos, era necesaria la adición de más pasta a la tina cada 3 formaciones. Inversamente, para papeles de gramaje más bajo y translúcidos, las hojas se formaron sin reposición de pasta, aumentando la proporción de agua en la dispersión.

Las aplicaciones artísticas realizadas sobre los papeles obtenidos presentaron resultados satisfactorios, validando el potencial del material como soporte artístico.³

En la xilografía, los papeles de los dos protocolos demostraron aptitud para diferentes métodos de impresión. El papel texturizado del Protocolo 1 fue adecuado para la impresión con el uso de prensa (tórculo). Por otro lado, las hojas de bajo y medio gramaje del Protocolo 2 resultaron ideales para la impresión manual (Figura 8).

En la serigrafía, la hoja de mayor gramaje del Protocolo 2 presentó éxito en la impresión. Por el contrario, la textura fibrosa del papel del Protocolo 1 causó un “sangrado” de la tinta. Este efecto, aunque no deseado para una impresión de alta definición, se consideró un resultado estético interesante que puede ser explorado en propuestas artísticas específicas (Figura 8).

Notas: (a) xilografía manual (P2, gramaje medio); (b) xilografía manual (P2, bajo gramaje); (c) xilografía con prensa (P1, textura áspera); (d) serigrafía (P2); (e) serigrafía (P1, con “sangrado”).

Fuente: Autores.

³Todas las ilustraciones (técnicas artísticas) fueron creadas por (omitido para evaluación anónima). Para más detalles sobre el trabajo de la ilustradora, acceda a: (omitido para evaluación anónima).

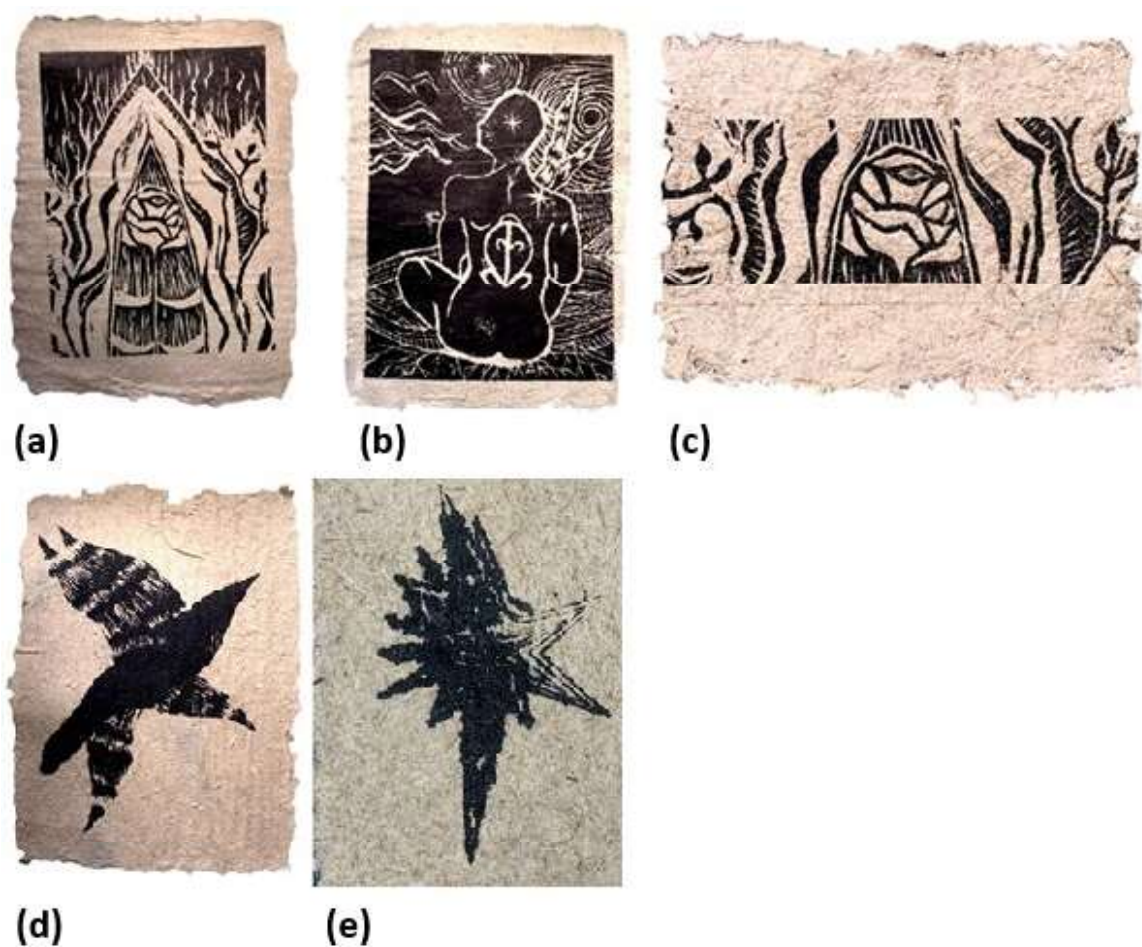


Figura 8 – Aplicación artística (xilografía y serigrafía)

Las pruebas con tintas al agua, incluyendo pigmentos naturales (geotintas y Waji) y carbón, aplicados a los papeles del Protocolo 2, presentaron resultados satisfactorios. Los papeles demostraron una completa adherencia de la tinta y, fundamentalmente, una buena estabilidad durante procedimientos artísticos con agua (Figura 9).

La buena capacidad de absorción y resistencia fue confirmada por la aplicación de pintura en spray y pintura acrílica, que resultaron en una rica interacción visual entre los materiales y la textura granulada del papel. La resistencia mecánica del papel fue comprobada de forma considerable en la técnica del guache lavado. En este proceso, el papel, tras recibir una pintura con guache, se cubre con tinta china y, a continuación, se lava bajo agua corriente. El soporte resistió el proceso de lavado sin desintegrarse, revelando la pintura original en contraste con el fondo teñido (Figura 9).

Aunque no se realizaron ensayos mecánicos normalizados, las observaciones empíricas durante los procesos de impresión, manipulación y lavado indicaron un desempeño satisfactorio del material para aplicaciones artísticas y gráficas artesanales.

Notas: (a) dibujo con carbón, Waji y acrílica; (b) dibujo con carbón, geotinta y acrílica; (c) técnica del guache lavado con tinta china; (d) pintura con spray, geotinta y acrílica.

Fuente: Autores.

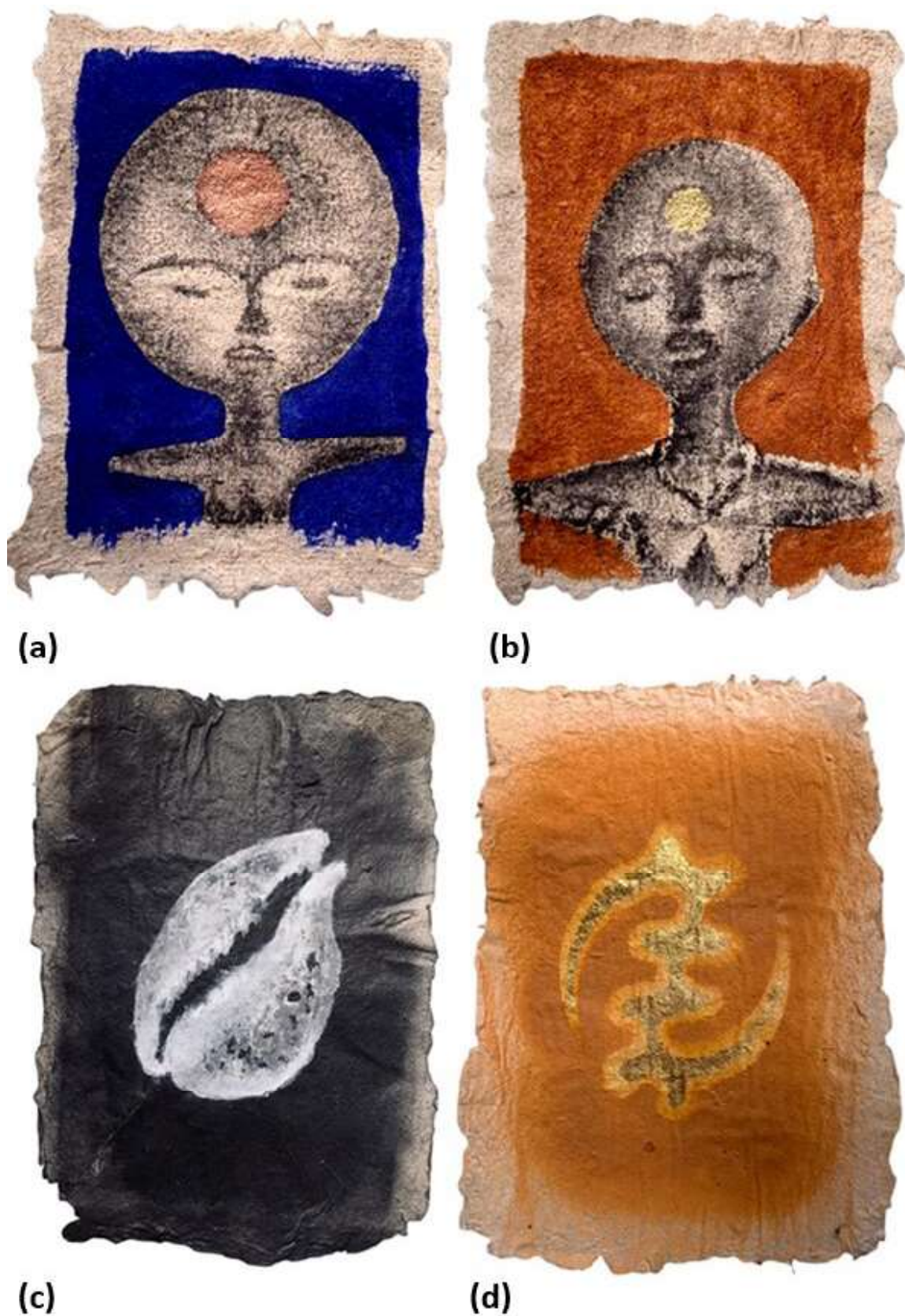


Figura 9 – Aplicación artística (técnicas mixtas sobre P2)

5 CONCLUSIÓN

Este estudio demostró la viabilidad técnica de la producción de papel artesanal a partir del residuo de la fibra externa del tallo de *Cannabis sativa* L., utilizando un protocolo de bajo impacto, accesible y replicable a pequeña escala. El proceso, que prescinde de maquinaria sofisticada y de aditivos químicos agresivos, presentó un mejor desempeño cuando fue sometido a maceración prolongada (Protocolo 2), resultando en papeles de textura más uniforme y de mejor calidad superficial.

Los resultados validaron el material como un soporte artístico resistente. El papel producido artesanalmente tuvo éxito en pruebas empíricas de xilografía, serigrafía y técnicas mixtas, demostrando una gran resistencia mecánica y al agua, como se comprobó con la técnica del guache lavado. Este hallazgo refuerza el potencial del cáñamo como materia prima no maderera estratégica, alineándose con propuestas de reaprovechamiento de biomasa agrícola y fortaleciendo prácticas artesanales orientadas a la producción de papeles de alto valor agregado, especialmente mediante el uso integral de materiales vegetales subutilizados.

A pesar de la comprobada viabilidad técnica y del creciente interés en sus aplicaciones industriales sostenibles, las restricciones regulatorias relacionadas con el cultivo de *Cannabis sativa* L. todavía limitan el procesamiento de las fibras y dificultan el desarrollo pleno de cadenas productivas e investigaciones aplicadas en Brasil.

En este panorama, los trabajos científicos realizados en el ámbito académico — como esta colaboración entre la Universidad Federal de Goiás (UFG), el Núcleo de Investigación en Cannabis Sativa (NUPECC/UFG) y la Asociación Curando Ivo — son imprescindibles. La construcción de un cuerpo sólido de evidencias científicas es fundamental para ampliar el debate técnico y académico sobre el potencial de aprovechamiento industrial y sostenible del cáñamo. Asimismo, contribuye a situar, de forma más objetiva, las posibilidades futuras de cultivo y uso integral de esta biomasa en el contexto brasileño.

REFERÊNCIAS

- Baptista, C.; Santos, N.; Rosa, M. Portuguese hemp plant as raw material for papermaking. **Athens Journal of Sciences**, v. 7, n. 1, p. 15–28, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.30958/ajs.7-1-2>>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Bowyer, J. L. **Industrial hemp (Cannabis sativa L.) as a papermaking raw material in Minnesota: technical, economic, and environmental considerations**. [S.l.], 2001. Disponível em: <<https://www.votehemp.com/wp-content/uploads/2018/09/hemp.pdf>>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Cunico, N. R. *et al.* Fibras vegetais para produção de polpa celulósica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 101930–101941, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-017>>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Danielewicz, D. Industrial hemp as a potential nonwood source of fibres for european industrial-scale papermaking: a review. **Materials**, v. 16, n. 19, 2023. Art. 6548. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ma16196548>>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Dória, C. A. d. M. V.-B. **A perenidade do papel nas artes plásticas, de suporte ao papermaking**. 2021. Tese ((Doutorado)) — Universidade de Lisboa, S.l., 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10451/49556>>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Dutt, D.; Upadhyaya, J. S.; Tyagi, C. H. Studies on hibiscus cannabinus, hibiscus sabdariffa and cannabis sativa pulp to be a substitute for softwood pulp: Part 1: As-aq delignification process. **BioResources**, v. 5, n. 4, p. 2123–2136, 2010. Disponível em: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/BioRes_05/BioRes_05_4_2123_Dutt_UT_Hibiscus_C_S_CS_Pulp_Blend_SW_Pt1_ASAQ_Delig_1087.pdf>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- El-sayed, E. S. A.; El-sakhawy, M.; El-sakhawy, M. A.-M. Non-wood fibers as raw material for pulp and paper industry. **Nordic Pulp & Paper Research Journal**, v. 35, n. 2, p. 215–230, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1515/npprj-2019-0064>>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Farnsworth, D. **A paper journey: embracing the coarse papers of the renaissance**. S.l.: Magnolia Editions, 2024. Disponível em: <<https://magnoliaeditions.com/wp-content/uploads/2024/08/Embracing-15-c-Paper-V16-.pdf>>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Gatti, T. H.; Oliveira, D. **Papel Artesanal: aproveitamento de resíduos agrícolas e reciclagem de papéis usados (dossiê técnico)**. S.l., 2007. Disponível em: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/SBRT/pdfs/60_dossie.pdf>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Gatti, T. H. *et al.* A produção artesanal de papel na universidade de Brasília e as patentes de reciclagem. In: Catalão, V. M. L.; Layrargues, P. P.; Zaneti, I. C. B. B. (Ed.). **Universidade para o século XXI: educação e gestão ambiental na Universidade de Brasília**. Brasília: Cidade Gráfica e Editora, 2011. p. 45–57.
- Hubbe, M. A.; Bowden, C. Handmade paper: a review of its history, craft, and science. **BioResources**, v. 4, n. 4, p. 1736–1792, 2009. Disponível em: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/BioRes_04/BioRes_04_4_1736_Hubbe_Bowden_Handmade_Paper_Review_758.pdf>. Consultado el: 30 jan. 2026.
- Instituto Escolhas. **O que o Brasil ganha com o cultivo do cânhamo? (Relatório técnico)**. S.l., 2025. Disponível em: <https://escolhas.org/wp-content/uploads/2025/06/RelatorioTecnico_Canhamo.pdf>. Consultado el: 30 jan. 2026.

Kamoga, O. L. M.; Byaruhanga, J. K.; Kirabira, J. B. A review on pulp manufacture from non wood plant materials. **International Journal of Chemical Engineering and Applications**, v. 4, n. 3, 2013. Disponível em: <<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133301564>>. Consultado el: 30 jan. 2026.

Marques, G. *et al.* Evaluation of the chemical composition of different non-woody plant fibers used for pulp and paper manufacturing. **The Open Agriculture Journal**, v. 4, p. 93–101, 2010. Disponível em: <<http://doi.org/10.2174/1874331501004010093>>. Consultado el: 30 jan. 2026.

Martins, S. S. d. M. *et al.* Sustentabilidade na produção de papel: uso de fibras vegetais e têxteis – revisão bibliográfica. **Aracê**, v. 7, n. 7, p. 40799–40824, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.56238/arev7n7-327>>. Consultado el: 30 jan. 2026.

Pal, L.; Lucia, L. Renaissance of industrial hemp: a miracle crop for a multitude of products. **BioResources**, v. 14, n. 2, p. 2460–2464, 2019. Disponível em: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2019/02/BioRes_14_2_2460_Pal_Lucia_Editorial_Industrial_Hemp.pdf>. Consultado el: 30 jan. 2026.

Santos, A. R. C. d. S. d. **Caracterização tecnológica de espécies de bambu visando a produção de polpa celulósica**. 2022. Dissertação ((Mestrado)) — Universidade de São Paulo, S.l., 2022. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-17052023-142312/pt-br.php>>. Consultado el: 30 jan. 2026.

Worku, L. A. *et al.* Agricultural residues as raw materials for pulp and paper production: overview and applications on membrane fabrication. **Membranes**, v. 13, n. 2, 2023. Art. 228. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/membranes13020228>>. Consultado el: 30 jan. 2026.